



**Titre:** Méthodes et outils pour l'utilisation cohérente des enquêtes origine-destination  
Title:

**Auteur:** Hubert Verreault  
Author:

**Date:** 2009

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Verreault, H. (2009). Méthodes et outils pour l'utilisation cohérente des enquêtes origine-destination [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal].  
Citation: PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/8495/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**  
Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/8495/>  
PolyPublie URL:

**Directeurs de recherche:**  
Advisors:

**Programme:** Non spécifié  
Program:

## **NOTE TO USERS**

**This reproduction is the best copy available.**

UMI<sup>®</sup>



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MÉTHODES ET OUTILS POUR L'UTILISATION COHÉRENTE DES ENQUÊTES  
ORIGINE-DESTINATION

HUBERT VERREAULT

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

GÉNIE CIVIL

AOÛT 2009



Library and Archives  
Canada

Published Heritage  
Branch

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque et  
Archives Canada

Direction du  
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file* *Votre référence*  
ISBN: 978-0-494-57264-1  
*Our file* *Notre référence*  
ISBN: 978-0-494-57264-1

#### NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

#### AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

---

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

■ ■ ■  
**Canada**

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire est intitulé :

MÉTHODES ET OUTILS POUR L'UTILISATION COHÉRENTE DES ENQUÊTES  
ORIGINE-DESTINATION

présenté par : VERREAULT Hubert

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. CHAPLEAU Robert, Ph.D., président

Mme MORENCY Catherine, Ph.D., membre et directrice de recherche

M. TRÉPANIER Martin, Ph.D., membre

## REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire, je souhaitais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce projet.

Je tiens à remercier sincèrement Madame Catherine Morency, qui, en tant que Directrice de recherche, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide, la pertinence de ses commentaires et incommensurable appui et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Mes remerciements s'adressent également aux autres professeurs du département, Monsieur Robert Chapleau et Karsten Baass, pour leur générosité, leur grande patience et leur enseignement qui a été très bénéfique.

Je remercie aussi l'Agence Métropolitaine de Transport pour son soutien pendant la réalisation de ce long processus ainsi que l'ensemble de mes confrères et consœurs de travail et d'étude pour leurs judicieux conseils et leur encouragement.

Je n'oublie pas mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire malgré mes nombreuses absences physiques et mentales.

Merci à tous et à toutes.

## RÉSUMÉ

Le présent mémoire aborde, en général, le développement de méthodes et d'outils pour l'utilisation cohérente des enquêtes Origine-Destination montréalaises. Grâce à la quantité importante d'informations que contiennent ces enquêtes, il est possible d'évaluer leur capacité à représenter fidèlement des comportements spécifiques de la mobilité des individus. Ce mémoire suit deux lignes directrices. D'une part, le questionnement des méthodes classiques d'analyse de ces données basées sur le jour moyen de semaine et de l'autre, le développement de méthodes et d'outils permettant de mieux représenter la variabilité dans les comportements observés de la mobilité des individus.

Plus spécifiquement, ce travail vise à compléter plusieurs objectifs tels que contribuer au travail de valorisation des données des enquêtes OD, montrer la nécessité d'aborder l'analyse de données de façon innovatrice, sensibiliser les professionnels aux impacts d'un choix méthodologique sur les résultats, explorer les nombreuses potentialités d'analyse de ces enquêtes et faire ressortir les limites du concept de jour moyen de semaine.

À Montréal, les enquêtes OD sont une source d'information des plus importantes afin d'estimer et de comprendre les comportements de mobilité de la population. La réalisation d'enquêtes Ménages Origine-Destination, comme elles existent à Montréal, permet d'avoir accès à une banque d'informations unique. De nombreux travaux démontrent l'immense potentiel analytique de ces données. Il est possible de se demander si les données qui sont disponibles dans ces enquêtes permettent de représenter des phénomènes particuliers de la mobilité, phénomènes dont l'occurrence s'accroît de plus en plus. Entre autres, il est possible de se questionner sur la capacité de ces enquêtes à bien mesurer la variabilité journalière, hebdomadaire ou saisonnière qui est observée dans les comportements de mobilité de la population.



Tout d'abord, une revue de littérature démontre l'importance de mieux représenter la variabilité dans les comportements hebdomadaires de la mobilité. Elle confirme aussi l'intérêt porté par de nombreux chercheurs sur ce sujet, particulièrement par l'approfondissement continu des méthodes et outils apte à révéler d'exprimer la variabilité quotidienne des habitudes de déplacement de la population. Elle permet aussi de démontrer les multiples applications analytiques offertes par les données issues des enquêtes OD montréalaises.

D'un point de vue méthodologique, plusieurs méthodes, statistiques et autres, utilisées dans la recherche sont présentées. Pour fins de démonstration des nouvelles potentialités d'analyse, l'échantillon de l'enquête OD de 1998 est décomposé en sous-échantillons représentant chacun les comportements de mobilité d'un jour particulier d'automne.

Les divers traitements qui sont effectués sur ces données permettent donc d'étudier la variabilité observée pendant l'automne dans les habitudes de déplacements. En premier lieu, les différents indicateurs utilisés nous indiquent que les comportements de mobilité ne sont pas tous uniformes pendant la période enquêtée. Par exemple, on remarque une hausse du nombre de déplacements au mois de décembre lié à l'augmentation des activités de magasinage. À la suite de cette observation, il est possible de se demander si l'utilisation du jour moyen représente bien la variabilité est observée. Par exemple, est-ce que les déplacements effectués en vélo sont bien représentés lorsqu'on sait que ceux-ci sont pratiquement inexistantes au mois de décembre ?

On remarque aussi que pour certains indicateurs, une grande variabilité est observée à l'intérieur d'une même semaine. Par exemple, le nombre d'activités de loisirs varie beaucoup en fonction de la période de la semaine, le jeudi et le vendredi étant différents des jours de début de la semaine. Ceci mène à s'interroger sur le degré de similarité des comportements de mobilité observés pour chacune des journées de la semaine et sur la possibilité d'agréger des échantillons ayant des comportements similaires afin de créer plusieurs jours moyens.

Par la suite, une méthodologie de comparaison des comportements de l'ensemble des journées enquêtées est développée. Elle se base principalement sur la modélisation de la distribution des sous-échantillons par la loi normale afin de pouvoir déterminer, à l'aide de tests d'hypothèses statistiques, le degré de similarité entre les échantillons. La création de plusieurs jours moyens représentant la mobilité hebdomadaires des individus permet donc d'évaluer la possibilité d'analyser des comportements usuels de la mobilité selon ces jours afin d'approfondir l'analyse basée sur le jour moyen. On remarque, entres autres, que les comportements de magasinage sont semblables du lundi au mercredi, les jeudis et vendredis ainsi que lors de la fin de semaine. La semaine de magasinage moyenne pourrait donc être représentée par 3 jours moyens. En général, on remarque que l'utilisation du jour moyen s'applique très bien aux analyses effectuées en pointe. Cependant, sur 24 heures, une plus grande variabilité est observée.

La méthodologie utilisée est ensuite évaluée en validant les résultats et en vérifiant l'uniformité de l'échantillonnage lors de l'enquête. Les divers méthodes et outils développés dans ce travail ont toujours comme objectif de mieux représenter les comportements de mobilité de la population. Les aspects abordés ici permettent donc d'aborder l'analyse de la mobilité de façon plus cohérente. Néanmoins, plusieurs autres aspects devront être approfondis afin de toujours assurer la qualité et la validité des résultats. Quelques limitations de la méthode proposée sont alors soulevées.

L'utilisation et le développement des outils nécessitent des traitements importants sur les échantillons de données provenant des enquêtes OD. Ces traitements impliquent beaucoup de ressources, d'où l'importance de conceptualiser un outil permettant d'assister la création d'échantillons de données plus cohérents pour l'analyse de mobilité. Plusieurs aspects sont abordés tels que le niveau de résolution, la période d'analyse, le choix des indicateurs et la pondération des échantillons.

## ABSTRACT

This research deals mainly with the development of methods and tools for a consistent use of the Origin-Destination survey. With the information contained in these surveys, it is possible to evaluate the ability of the data to represent specific types of behaviour of individual mobility. This work follows two principal guidelines. First, it questions the traditional approach to the analysis of OD surveys that is based on the average weekday. Second, it develops methods and tools for a better representation of variability in travel behaviour.

More specifically, this study has several objectives:

1. to contribute to the work of enhancing the use of OD survey data,
2. to show the need to approach data analysis in innovative ways,
3. to increase analyst awareness of the impact of methodological choice on results,
4. to explore many more analytical possibilities based on the use of these surveys,  
and
5. to illustrate the limitations of the average day of the week concept.

In Montreal, OD surveys are one of the most important data sources to estimate and understand individual mobility. Household OD surveys, as they exist in Montreal, provide access to a bank of information that is quite unique. Many studies show the large potential of these analytical data. In order to optimize the use of resources and information that are available, it is important to consider whether the data that are available in these surveys can be used to represent specific types of travel behaviour.

It is also possible to explore the ability of these surveys to measure daily, weekly or seasonal variability in transportation behaviour, as well as the potential impact of using the average trip day on current mobility indicators.

A literature review will show the importance of a better representation of the weekly behaviour. Much research has focussed on this issue, especially with respect to developing methods and tools to express variability in weekly travel patterns.

From a methodological point of view, several statistical methods to be used in subsequent analysis are presented. In order to be able to apply these methods, data from the 1998 OD survey is processed and in particular is split and weighted to obtain sub-samples that represent the travel behaviour of Montrealears for each day of autumn 1998.

The treatment and processing performed on these data allow the studying of travel pattern variability observed during autumn. First, the results indicate that the travel behaviour is not uniform during the period surveyed. For example, an increased number of trips in December is observed, relating to increased of shopping activity for the Festive Season.

It is possible to consider if the use of an average trip day is able to show this variability. For example, are trips made by bicycle well represented by the average trip day when we know that none of them are in December?

We also note that, for some indicators, variability is observed between week days. For example, leisure activities seem to evolve during the week. There are more leisure trips on Thursday and Friday than at the beginning of the week. However, we also have to know and measure the degree of similarity between travel behaviour observed for each day of the week. It is then possible to evaluate the possibility of aggregate samples with similar behaviour to create several average trip days.

Thereafter, a methodology for comparing travel behaviour observed on each the days of the survey is developed. It is based primarily on modeling the distribution of sub-samples with a normal distribution in order to be able to determine with statistical hypothesis tests the similarity between samples. The construction of several average days that represent weekly mobility allows evaluation of the possibility of analyzing weekly behaviour into several average days to complement the analysis based on

average trip day. We also note that shopping behaviour is similar for Monday to Wednesday, Thursday and Friday and the weekend. The average week of shopping trips could be represented by three average days.

The next section validates the methodology that was used by ensuring sampling uniformity in the survey. Thereafter, we try to evaluate and measure the impacts of non-uniform sampling on the results. This allows us to ask questions such as: what is the influence of not having surveyed December for a specific sector?

The various methods and tools developed in this work have as an objective to show a better representation of travel behaviour. Each of these issues is linked to a consistent approach to the analysis of mobility. However, several other aspects should be further elaborated in order to ensure quality and validity of results.

The use and development of the methods presented require a great deal of processing and on different samples and this requires considerable resources. This explains why the creation of a tool that can construct data samples that promote the consistency of different aspects of the mobility analysis would be very useful. Several aspects of these types of samples will be discussed, such as level of resolution, choice indicators and sample weighting.

## TABLE DES MATIÈRES

Remerciements -----	IV
Résumé -----	V
Abstract-----	VIII
Table des matières -----	XI
Liste des figures -----	XV
Liste des tableaux -----	XVIII
Liste des sigles et abréviations -----	XX
Liste des annexes-----	XXI
Introduction -----	1
Défis et objectifs de recherche -----	4
Défi de substance-----	5
Défi méthodologique -----	5
Objectifs -----	5
Structure de la démarche de recherche -----	6
Chapitre 1 :    Problématique-----	9
1.1    Limite du jour moyen de semaine -----	11
1.2    Développement méthodologique -----	13
1.3    Méthodologie cohérente d'analyse de données-----	15
Chapitre 2 :    Revue de littérature-----	18
2.1    Données et informations sur la mobilité-----	18
2.1.1    Enquête Origine-Destination montéalaie -----	19
2.1.2    Information disponible -----	20
2.2    Petit historique des enquêtes OD à Montréal -----	22
2.3    Potentialités analytiques des enquêtes OD -----	23
2.4    Variabilité des comportements de mobilité-----	24
2.5    Méthode d'analyse-----	27

Chapitre 3 : Système d'information et méthodologie -----	29
3.1 Système d'information -----	29
3.1.1 Territoire à l'étude -----	29
3.1.2 Enquête montréalaise de 1998-----	30
3.1.3 Enquête Origine-Destination de 2003 -----	32
3.2 Indicateurs généraux -----	33
3.2.1 Indicateurs sociodémographiques-----	33
3.2.2 Indicateurs de mobilité -----	34
3.3 Méthodes statistiques-----	36
3.3.1 Test de normalité -----	36
3.3.2 Test d'hypothèse -----	37
3.3.3 Tests paramétriques -----	38
3.3.4 Tests non-paramétriques -----	38
3.3.5 Méthode de regroupement -----	39
Chapitre 4 : Variabilité des comportements de mobilité-----	40
4.1 Objectifs-----	40
4.2 Méthodologie-----	41
4.2.1 Variabilité de l'échantillon-----	43
4.3 Analyse de la variabilité -----	47
4.3.1 Indicateurs-----	47
4.3.2 Profil longitudinal-----	48
4.3.3 Test de normalité -----	55
4.3.4 Courbe de distribution des indicateurs -----	57
4.3.5 Quels indicateurs pour quelles analyses -----	63
4.4 Synthèse-----	65
4.4.1 Perspectives -----	66
Chapitre 5 : Recherche de similarités dans les comportements de mobilité -----	70
5.1 Objectif-----	70
5.2 Méthodologie-----	71

5.3	Méthode statistique -----	73
5.3.1	Interprétation des résultats -----	74
5.3.2	Synthèse -----	78
5.4	Méthode de regroupement -----	78
5.4.1	Interprétation des résultats -----	79
5.4.2	Synthèse -----	82
5.5	Comparaison des résultats -----	83
5.6	Perspective -----	84
5.7	Synthèse -----	88
Chapitre 6 :	Vérification de la méthodologie -----	90
6.1	Objectifs -----	90
6.2	Échantillonnage -----	91
6.2.1	Vérification de la méthodologie et outils statistiques -----	92
6.2.2	Vérification de l'uniformité spatiale de l'échantillonnage -----	96
6.2.3	Vérification de la méthode de redressement en comparant les résultats recomposés à l'enquête OD -----	100
6.3	Synthèse et perspectives -----	103
Chapitre 7 :	Proposition des concepts visant la création d'un Outil interactif -----	106
7.1	Objectifs -----	107
7.2	Élaboration conceptuelle des différents aspects -----	108
7.2.1	Choix des indicateurs intéressants selon l'analyse désirée -----	110
7.2.2	Choix d'une période d'analyse -----	111
7.2.3	Vérification de l'échantillon disponible (niveau de résolution) -----	111
7.2.4	Pondération et expansion des enregistrements -----	111
7.2.5	Interactivité entre les différents éléments -----	112
7.3	Synthèse -----	113
Conclusion	-----	114
Contributions	-----	114
Limitations	-----	116



Perspectives de recherche .....	117
Bibliographie .....	119
Annexe .....	123

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Différentes approches pour l'analyse de données .....	15
Figure 1-2 : Éléments à considérer pour la construction d'un échantillon cohérent de données.....	17
Figure 2-1 : Territoire couvert par l'ensemble des enquêtes OD montréalaises depuis 1987.....	23
Figure 3-1 : Ensemble de paires OD et de chaînes de déplacements qui sont inclus et répertoriés dans les enquêtes OD montréalaises de type ménage .....	30
Figure 4-1 : Méthodologie de décomposition et pondération des sous-échantillons .....	42
Figure 4-2 : Taux d'échantillonnage de chaque type de jour Enquête OD 1998 .....	44
Figure 4-3 : Nombre de ménages échantillonnés pour chaque journée de l'enquête.....	45
Figure 4-4 : Évolution du nombre de déplacements effectués à vélo par jour (Automne 1998) .....	46
Figure 4-5 : Profil longitudinal du nombre de déplacements effectués par jour.....	49
Figure 4-6 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif magasinage effectués par jour.....	50
Figure 4-7 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif travail (24 heures) effectués par jour.....	51
Figure 4-8 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif loisir effectués par jour .....	52
Figure 4-9 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif étude effectués par jour .....	52
Figure 4-10 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements effectués par jour(1998) .....	59
Figure 4-11 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif travail effectués par jour(1998) .....	60
Figure 4-12 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif loisir effectués par jour(1998) .....	60
Figure 4-13 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif magasinage effectués par jour(1998).....	61
Figure 4-14 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif étude effectués par jour (1998).....	62
Figure 4-15 : Suivi des activités Magasinage du jeudi au dimanche pendant l'automne 1998.....	64

Figure 4-16 : Méthodologie générale de décomposition et d'expansion des sous-échantillons provenant d'une enquête OD .....	68
Figure 5-1 : Construction de jours typiques d'une semaine de déplacements pour plusieurs indicateurs de mobilité (agrégation, comparaison, validation et fusion).....	72
Figure 5-2 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête par rapport à la moyenne générale du nombre de déplacements selon le mode de transport.....	85
Figure 5-3 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la moyenne générale, du nombre de déplacements selon le motif d'activité .....	86
Figure 5-4 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la semaine qui suit, du nombre de déplacements selon le mode de transport.....	87
Figure 5-5 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la semaine qui suit, du nombre de déplacements selon le motif d'activité .....	88
Figure 6-1 : Taille moyenne des ménages échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne =2.5, écart type =0.1, CV =2.9 %).....	93
Figure 6-2 : Nombre d'automobile moyen par ménage échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne =1.2, écart type =0.1, CV =4.4 %).....	93
Figure 6-3 : Âge moyen des personnes échantillonnées selon la journée du déplacement (moyenne = 36.2, écart type = 1.0, CV = 2.8%).....	93
Figure 6-4 : Distance moyenne au centre-ville des domiciles des ménages échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne =17.5 km, écart type =1.8 km, CV =10.4%) .....	94
Figure 6-5 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction de différentes variables sociodémographiques .....	95
Figure 6-6 : Évolution du taux d'échantillonnage lors de l'enquête OD de 1998 pour l'ensemble des secteurs municipaux .....	97
Figure 6-7 : Évolution du taux d'échantillonnage lors de l'enquête OD de 2003 pour l'ensemble des secteurs municipaux (échantillon incluant la période hiver 2004).....	99
Figure 6-8: Écart dans la progression des objectifs lors de l'enquête OD de 2003 (échantillon incluant la période hiver 2004) .....	100
Figure 6-9 : Comparaison des résultats reconstitués et de l'enquête OD .....	101
Figure 6-10 : Schéma représentant la logique utilisée dans le redressement des sous-échantillons.....	105
Figure 7-1 : Outil servant à la pondération et l'expansion des enregistrements .....	109

Figure 7-2 : Représentation schématique de l'interactivité des différents aspects modifiables d'une analyse de mobilité.....	112
---	-----

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 : Indicateurs sociodémographiques des enquêtes OD de 1998 et 2003 à Montréal .....	33
Tableau 3-2 : Indicateurs de mobilité (24 heures) selon les enquêtes OD de 1998 (semaine et fin de semaine) et de 2003 .....	34
Tableau 3-3 : Part modale des modes de transport (24 heures) .....	35
Tableau 3-4 : Taux de déplacements par personne selon le motif d'activité (24 heures) .....	36
Tableau 4-1 : Nombre de ménages enquêtés pour chaque mois de l'automne 1998 .....	46
Tableau 4-2 : Nombre de déplacements effectués par jour selon le motif d'activité .....	53
Tableau 4-3 : Nombre de déplacements effectués par jour selon le mode de transport .....	54
Tableau 4-4 : Résultat du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par jour selon le motif d'activité .....	55
Tableau 4-5 : Résultat du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par jour selon le mode de transport .....	55
Tableau 4-6 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le motif d'activité .....	56
Tableau 4-7 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport .....	56
Tableau 4-8 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport en Pointe PM .....	57
Tableau 4-9 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport en Pointe AM ....	57
Tableau 4-10 : Évolution du nombre de déplacements motif magasinage effectués pendant l'automne 1998 .....	64
Tableau 4-11 : Hausse du nombre de déplacements motif magasinage effectués en moyenne par jour par rapport au mois précédent .....	64
Tableau 5-1 : Énumération des tests de comparaison des moyennes effectués pour une semaine complète de déplacements .....	73
Tableau 5-2 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du motif d'activité .....	75
Tableau 5-3 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport .....	76

Tableau 5-4 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe AM .....	77
Tableau 5-5: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe PM.....	77
Tableau 5-6: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du motif d'activité .....	80
Tableau 5-7: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport .....	80
Tableau 5-8: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe AM .....	81
Tableau 5-9: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe PM.....	82
Tableau 5-10 : Comparaison entre le nombre de jours moyens estimés selon la méthode statistique et la méthode de regroupement .....	84
Tableau 6-1 : Test de normalité de Shapiro-Wilk pour des variables sociodémographiques .....	95
Tableau 6-2 : Validation de la méthode de redressement utilisée selon des variables sociodémographiques.....	96
Tableau 6-3 : Nombre total de déplacements par jour : intervalle de confiance à 95% de la moyenne résultante.....	102
Tableau 6-4 : Intervalle de confiance des estimations selon le motif d'activités.....	102
Tableau 6-5 : Intervalle de confiance des estimations selon le mode de transport utilisé (24 heures).....	103
Tableau 6-6 : Intervalle de confiance des estimations selon de transport utilisé en pointe AM .....	103
Tableau 6-7 : Intervalle de confiance des estimations selon le mode de transport utilisé en pointe PM .....	103

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

Quelques expressions sont répétées plusieurs fois dans ce mémoire. Afin d'en faciliter la lecture, une liste des abréviations utilisées ainsi que la signification de chacune d'elle est présentée ci-dessous.

- **Enquête OD : Enquête Origine-Destination**
- **GRM : Grande Région de Montréal**
- **AMT : Agence Métropolitaine de Montréal**
- **MTQ : Ministère des Transports du Québec**
- **Paire OD : Déplacement effectué comportant une origine et une destination**
- **PAM : Période en pointe de l'avant-midi (6h00 à 8h59)**
- **PPM : Période de pointe de l'après-midi (15h30 à 18h29)**
- **HAC : Classification ascendante hiérarchique**

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1- 1: Exemple de tableau synthèse d'indicateur-----	124
Annexe 1- 2 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Tous-----	125
Annexe 1- 3 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Travail -----	126
Annexe 1- 4 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Étude-----	127
Annexe 1- 5 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Magasinage -----	128
Annexe 1- 6: Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Loisir -----	129
Annexe 1- 7: Tableau synthèse du nombre de déplacements à vélo-----	130
Annexe 1- 8: Tableau synthèse du nombre de déplacements à pied-----	131
Annexe 1- 9: Tableau synthèse du nombre de déplacements Auto-conducteur -----	132
Annexe 1- 10: Tableau synthèse du nombre de déplacements Auto-passager -----	133
Annexe 1- 11: Tableau synthèse du nombre de déplacements TC-----	134
Annexe 1- 12: Tableau synthèse du nombre de déplacements à pied (PAM)-----	135
Annexe 1- 13: Tableau synthèse du nombre de déplacements AC (PAM)-----	136
Annexe 1- 14 : Tableau synthèse du nombre de déplacements AP (PAM) -----	137
Annexe 1- 15 : Tableau synthèse du nombre de déplacements TC (PAM) -----	138
Annexe 1- 16: Tableau synthèse du nombre de déplacements Marche (PPM) -----	139
Annexe 1- 17: Tableau synthèse du nombre de déplacements AC (PPM) -----	140
Annexe 1- 18 : Tableau synthèse du nombre de déplacements AP(PPM)-----	141
Annexe 1- 19 : Tableau synthèse du nombre de déplacements TC (PPM)-----	142



## INTRODUCTION

L'avènement des transports motorisés dans le dernier siècle a grandement modifié la façon dont la population se déplace. Ils ont permis de réduire le temps de déplacements entre zones suburbaines et urbaines. Les grands centres urbains éloignés sont soudainement devenus beaucoup plus accessibles en termes de durée de déplacements. Wiel fait d'ailleurs référence à ce phénomène lorsqu'il propose son concept de mobilité facilitée afin d'expliquer les interactions entre le milieu de vie et la demande en déplacements (Wiel 1998). Comme le souligne Genre-Grandpierre et Josselin, l'avènement de l'automobile a fourni une certaine vitesse d'accès pour les centres éloignés (Genre-Grandpierre et Josselin 2005). Cependant, une dépendance envers cette vitesse est aussi apparue à la suite de ce phénomène. Ces changements ont apporté des modifications aux comportements des individus. Les transports motorisés ont apporté une certaine liberté à leurs utilisateurs, ce qui a profondément modifié les comportements de mobilité de la population. Cette évolution n'a évidemment pas apporté que des bienfaits. Des phénomènes tels que la congestion automobile et l'étalement urbain, qui n'avaient pas été prévus a priori, se sont révélés problématiques et difficilement réversibles. Schoup illustre d'ailleurs fort bien le développement de ces problèmes non anticipés en mettant en relation la disponibilité et le coût du stationnement et la congestion sur un territoire (Shoup 2005). L'avènement des transports motorisés a aussi fortement favorisé le développement de l'économie, autant au niveau des villes que dans les régions un peu plus éloignées. Cependant, de nos jours, la mobilité des individus est devenue davantage qu'un enjeu économique. Elle devient un enjeu environnemental et social. Selon Cirillo, Cornelis et al., la mobilité des individus place notre société dans une double contrainte : tandis que la facilité à se déplacer est indispensable au mode de vie actuel, son coût, autant en argent qu'en temps ainsi que la dégradation de l'environnement qui en découle, menace ce mode de vie à moyen terme (Cirillo, Cornelis et al. 2004).

La motorisation n'a pas seulement influencé les comportements de mobilité, mais aussi l'urbanisation du territoire autour des grands centres urbains. Une dépendance certaine envers les transports motorisés existe maintenant en conséquence de ces développements non contrôlés. Afin de mieux gérer le développement du territoire et des réseaux de transport, de nouveaux mécanismes de planification urbaine ont dû être développés. La planification des transports est un élément important de ce processus global. Une des finalités du processus de planification est de déterminer à l'avance ce qui doit être fait et la manière dont cela doit être fait.

La planification des transports se base sur la compréhension des comportements de la population. Il faut donc comprendre, a priori, ces comportements afin d'adapter conséquemment le processus de planification. Une compréhension des comportements actuels de mobilité ainsi que futurs de la population permet de planifier le développement des diverses infrastructures de transport et des services de transport en commun afin de les rendre plus efficaces.

Dans le souci d'une utilisation optimale des ressources actuelles et futures, il est important, dans le processus de planification, de prendre en considération différents phénomènes sociaux et urbains qui vont influencer les comportements de mobilité futurs de la population. L'étalement urbain, le vieillissement de la population, l'utilisation des infrastructures et l'évolution générale des comportements de mobilité sont tous des éléments qui vont avoir une influence sur l'utilisation future des infrastructures de transports.

Il est difficile de prévoir à moyen et long terme les éléments qui vont influencer les comportements de mobilité. Ceci confirme l'intérêt de comprendre et de déterminer précisément non seulement les comportements de mobilité mais, aussi les différents éléments qui ont une influence sur les habitudes de déplacements. Dans la grande région de Montréal (GRM), plusieurs outils et sources d'informations sont utilisés afin de décrire les habitudes de déplacements de la population. Les enquêtes OD sont les outils tout désignés afin de réaliser des analyses détaillées sur la mobilité des individus grâce à

la grande diversité des informations qu'elles permettent de recueillir et d'analyser. Celles-ci sont effectuées environ aux 5 ans depuis 1970.

Plusieurs autres sources d'informations comme des comptages sur des infrastructures, des recensements ou des données de temps de parcours peuvent servir d'informations complémentaires en enrichissant l'information de base utilisée typiquement pour les analyses de mobilité.

Grâce à la quantité importante d'informations que contiennent les enquêtes OD, il est possible d'évaluer la capacité de ces enquêtes à représenter fidèlement certains comportements spécifiques de mobilité des individus. Les outils et les méthodes qui ont été développés à Montréal depuis 1970 ont permis de rendre ces données exploitables et utiles pour de nombreuses applications. En fait, ces outils et méthodes ont permis de démontrer le potentiel analytique de ces données. Néanmoins, la démocratisation des outils d'analyse statistique et spatiale ainsi que l'apparition de nouveaux questionnements liés aux comportements changeant des résidents amènent de nouveaux défis d'analyse qui exigent le développement de nouveaux mécanismes de traitement de données. L'exploitation innovatrice des données ne peut que passer par le développement d'outils appropriés. Un développement méthodologique doit donc accompagner l'utilisation et l'approfondissement des analyses afin de les rendre généralisables.

Jusqu'à présent, des données sur les déplacements effectués lors des journées de fin de semaine (samedi et dimanche) n'ont été recueillies qu'en 1998, en parallèle de l'enquête sur les jours de semaine. Le peu d'intérêt porté jusqu'à présent aux comportements de fin de semaine s'explique par le fait qu'autrefois, l'utilisation des infrastructures de transport lors de la fin de semaine atteignait rarement la capacité maximale. Toutefois, des phénomènes tels que la présence accrue des femmes sur le marché du travail et la diversification des modalités de travail modifient de plus en plus les cycles d'activités des individus qui utilisent de façon plus étendue les infrastructures de transport au courant de la semaine, voire de la fin de semaine.

Dans ce contexte, il devient de plus en plus important de comprendre les comportements de mobilité de la population. Il devient aussi nécessaire de développer de nouveaux outils et méthodes qui sont aptes à représenter et à mesurer la variabilité des comportements. Ceux-ci permettront d'aller au-delà des utilisations classiques des enquêtes OD qui s'appuient souvent sur des indicateurs moyens mesurés en période de pointe du matin.

Il est réaliste de penser que la période à laquelle sont effectués les déplacements (journée de la semaine, semaine, mois) ainsi que des événements plus ponctuels tels que la semaine de relâche et l'allongement des heures d'ouvertures des magasins au mois de décembre ont aussi une influence sur les estimations découlant des enquêtes OD.

L'utilisation typique du fichier d'enquête OD vise à produire un portrait moyen de la mobilité qui fait abstraction des variabilités comportementales dues à ces modifications contextuelles. Les prochaines sections proposent différentes analyses visant à épanouir le processus d'exploitation des données provenant des enquêtes OD et aussi à amorcer une réflexion autour des méthodologies utilisées pour produire des analyses sur les comportements de mobilité des montréalais, notamment lorsqu'il est question d'études plus spécifiques.

### **Défis et objectifs de recherche**

Une des responsabilités des professionnels de transport est de sélectionner avec beaucoup de jugements les divers outils et systèmes d'informations utilisés afin que les résultats soient des plus représentatifs. Il revient aussi à ces professionnels de développer des nouvelles connaissances, méthodes et outils afin de soutenir le processus de décision de la façon la plus objective et transparente possible. Il est donc important de se questionner sur l'utilisation des outils et des méthodes qui sont utilisés pour l'analyse des transports afin de les rendre plus représentatifs de la complexité actuelle des comportements et de les améliorer continuellement.

Manheim a défini l'analyse de transports en fonction de deux défis : le défi de substance et le défi méthodologique (Manheim 1979). Ce présent mémoire peut être défini avec ces deux concepts.

### **Défi de substance**

Il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les interactions qui existent entre les différents éléments du transport afin d'être mieux préparés pour faire face aux futurs changements de comportements de la population. Dans le souci de mieux représenter les comportements de mobilité, il faut utiliser des outils adaptés qui vont permettre d'une part, d'assurer la validité des résultats et d'autre part, de permettre de représenter fidèlement des comportements spécifiques. Un des objectifs demeure la nécessité de comprendre les relations entre le transport et le système d'activités afin de gérer et de planifier de façon plus efficace les infrastructures collectives de transports.

### **Défi méthodologique**

Les enquêtes OD servent à de nombreuses analyses et applications. Dans un souci de transparence et d'objectivité des résultats, il est important de se questionner sur les méthodes et les outils qui sont utilisés afin d'en déterminer les effets sur les résultats d'analyse. Auparavant, il est nécessaire de construire des outils et des méthodes systémiques et facilement reproductibles afin de permettre de mieux représenter les comportements de mobilité. Un des objectifs est de développer des outils et des méthodes rigoureux et reproductibles qui vont permettre à la communauté de faire une planification des transports efficace. Ces éléments ont aussi comme objectif d'aider et de supporter l'analyste des transports dans sa prise de décision.

### **Objectifs**

Le présent mémoire poursuit différents objectifs. De façon générale, il vise la valorisation des données provenant des enquêtes OD et l'épanouissement des méthodologies de traitement et d'analyse de ces données.

Plus spécifiquement, cette recherche vise à :

- Comprendre les relations entre les différents aspects entrant dans réalisation d'une enquête OD;
- Montrer les limites des méthodes et hypothèses actuelles qui alimentent le processus de prise de décision tels que le jour moyen de semaine;
- Démontrer la nécessité d'aborder l'analyse de données de façon innovatrice;
- Explorer d'autres potentialités d'analyses des enquêtes OD montréalaises;
- Faire ressortir les éléments à prendre en considération lors de la réalisation d'analyses spécifiques, donc lors du choix de l'échantillon de données le plus pertinent (échantillonnage, niveau de résolution, pondération et expansion);
- Proposer les bases d'un outil de construction d'échantillon pour fins d'analyse qui met l'accent sur le niveau de résolution, le nombre d'observation, la méthode de pondération ainsi que le type d'analyse désiré;
- Sensibiliser les analystes aux impacts quantitatifs (estimations) des choix méthodologiques faits lors de la réalisation des enquêtes OD et lors de l'exploitation des données en découlant;
- Contribuer au travail de valorisation des données d'enquêtes OD en proposant de nouvelles méthodes d'exploitation de ces données.

### **Structure de la démarche de recherche**

Une revue de littérature présentant les différents concepts évoqués dans la problématique sera premièrement présentée (Chapitre 2). Entre autres, il sera question des différentes méthodes de cueillettes de données en transport, de l'historique des enquêtes Origine-Destination réalisées à Montréal et de la méthodologie d'analyse basée sur le jour moyen de semaine. D'autres éléments seront abordés par la suite comme les différents concepts et techniques utilisés afin de faire ressortir la variabilité des comportements de mobilité et les nouveaux concepts d'analyse telles que la semaine typique d'activités, la fusion de données et la création de données synthétiques.

Il y aura ensuite démonstration des capacités des données d'enquêtes OD à représenter des phénomènes particuliers du transport (Chapitre 4 et Chapitre 5). Les enquêtes OD,

possédant de l'information très complète sur les déplacements recueillis, permettent d'étudier la variabilité journalière et hebdomadaire des comportements de mobilité. Ayant toujours comme objectif de développer une méthodologie cohérente d'analyse, il faut démontrer au départ l'intérêt de développer une telle méthode. Pour ce faire, une expérience est réalisée à partir des données de l'enquête Origine-Destination montréalaises de 1998 et de 2003 à propos des comportements de mobilité hebdomadaires de la population. Ce chapitre démontre que le concept de jour moyen pour des analyses de mobilité spécifiques n'est pas toujours bien adapté et démontre l'importance des différents traitements sur les données d'enquête OD.

Afin de justifier les résultats et les conclusions qui seront énoncés, il est nécessaire de mesurer les impacts de la méthodologie qui sera utilisée (Chapitre 6). L'utilisation cohérente des données pour fins d'analyse nécessite la compréhension et la validation de plusieurs éléments. La méthode d'échantillonnage, le découpage géographique, le niveau de résolution, la méthode de pondération et la base d'analyse désirée ont tous un impact sur les résultats et sur leur niveau de précision. Le choix de données spécifiques, d'une méthode de pondération et d'un niveau de résolution complexifie et augmente le temps et les ressources requises pour la construction d'une analyse. Le développement d'outils et de méthodes adaptés est donc une nécessité. Les différents concepts d'un outil interactif de création d'un échantillon cohérent seront proposés dans le chapitre suivant (Chapitre 7).

Cet outil devra permettre de calculer des facteurs de pondération et d'expansion pour chaque enregistrement selon une méthode de pondération choisie, un échantillon de données et un niveau de résolution. Il pourra permettre par la suite de modifier les résultats obtenus en fonction du type d'analyse désirée. **La Erreur ! Source du renvoi introuvable.** propose une représentation schématique de la structure de la recherche.

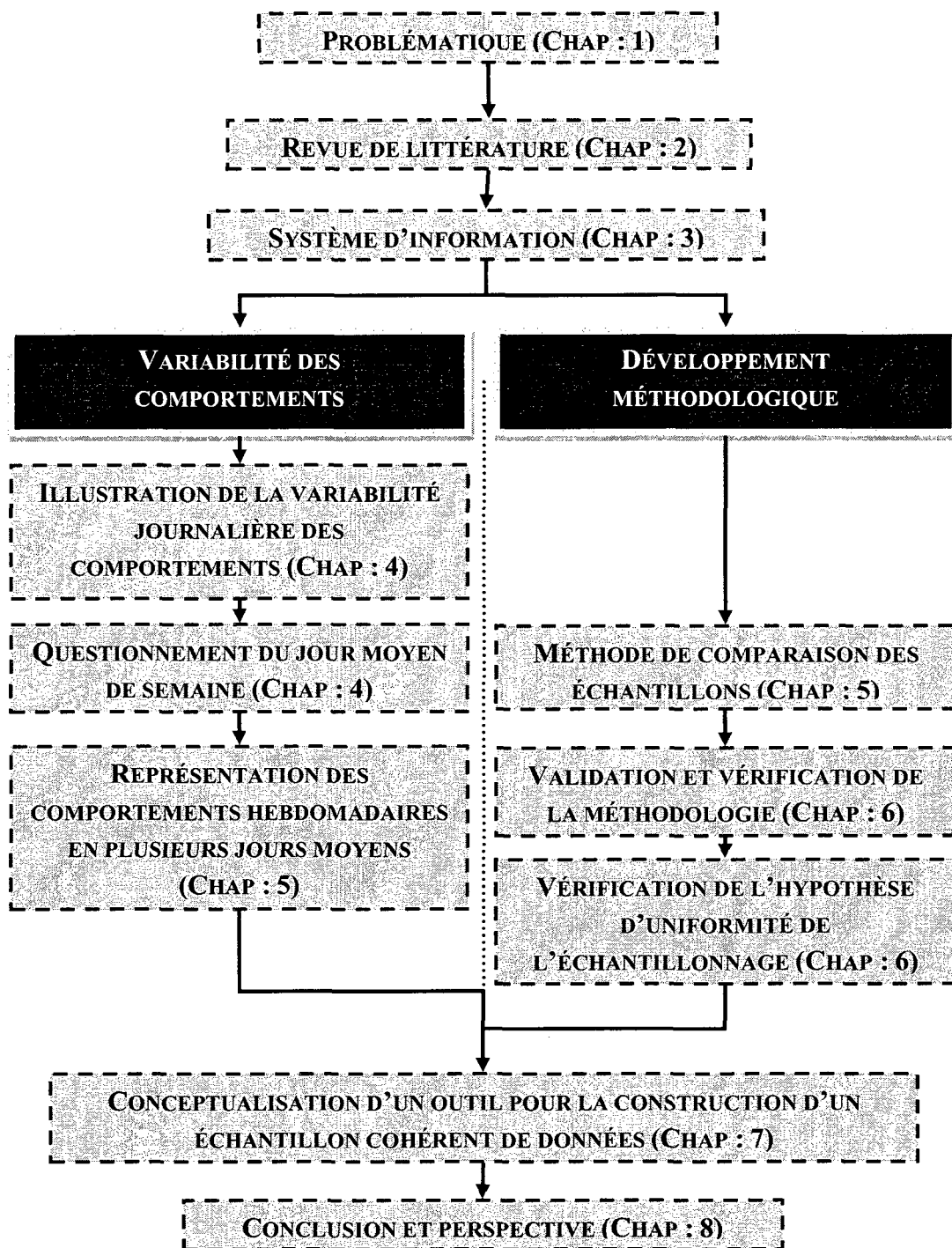


Figure 0-1: Représentation schématique de la structure du mémoire



## CHAPITRE 1 : PROBLÉMATIQUE

Les enquêtes Origine-Destination sont de vastes enquêtes qui permettent de sonder les habitudes de déplacements de la population. À Montréal, ces enquêtes sont une des sources d'informations importantes pour estimer et comprendre les comportements de mobilité de la population. La réalisation d'enquêtes Ménages dites Origine-Destination, comme elles existent à Montréal, permet d'avoir accès à une banque d'informations qui est unique. Plusieurs raisons expliquent pourquoi elles sont si précieuses :

- Le nombre de ménages échantillonnés est très grand (75 000 en 2003);
- Le taux d'échantillonnage est en moyenne de 5% dans l'ensemble des secteurs du territoire d'enquête ;
- La superficie couverte par l'enquête est importante (environ 5 500 km<sup>2</sup> en 2003) ;
- La quantité d'informations recueillies pour chaque ménage échantillonné est importante ;
- Elles sont réalisées environ aux 5 ans, ce qui permet de suivre l'évolution longitudinale des comportements;
- Le géocodage très précis des localisations déclarées (origines, destinations et domiciles)
- La quantité et la qualité des données permettent de construire des analyses assez pointues.

Les enquêtes OD sont utilisées régulièrement pour différentes applications par les analystes des transports de la région de Montréal. Dans un souci d'accroître notre connaissance de la mobilité et d'accroître l'exploitation de l'information qui est disponible et recueillie, on peut se demander si les données qui sont disponibles dans ces enquêtes sont aptes à représenter des phénomènes particuliers de la mobilité de la population, phénomènes dont l'occurrence s'accroît de plus en plus. Les questionnements suivants peuvent être soulevés :

- Est-ce que ces enquêtes ont la capacité de bien mesurer la variabilité journalière, hebdomadaire ou mensuelle que l'on observe dans les comportements de mobilité de la population de la GRM ?
- Est-ce que les moyens de transport actif comme la marche et le vélo peuvent être représentés fidèlement par ces enquêtes ?

L'intérêt grandissant envers ces différents questionnements amène à se poser une question. Est-ce que les analystes en transport sont outillés afin de pouvoir analyser correctement ces éléments ? Évidemment, ces analyses doivent s'accompagner d'un développement méthodologique adéquat qui a comme objectif de rendre les données utilisables, autant au niveau de la qualité des estimations que de leur validité. Il est aussi pertinent de se questionner sur la capacité de ces enquêtes à faire ressortir les phénomènes particuliers, autant pour une enquête OD traditionnelle (section, échantillon d'environ 5%) qu'une enquête du même type effectuée en continu (échantillon distribué sur plusieurs années).

En fait, les traitements post-enquêtes qui sont effectués sur les bases de données permettent généralement d'adapter l'échantillon pour des analyses générales. Afin de calculer des indicateurs courants de la mobilité, l'information qui est contenue dans ces enquêtes est agrégée, nonobstant le jour de la semaine, le mois ou la semaine, afin d'obtenir des indicateurs qui présentent les comportements moyens de la population pour une journée typique de semaine. Évidemment, l'utilisation du jour moyen comme unité de base lors des analyses a comme objectif de faire ressortir les comportements typiques en réduisant la variabilité intrinsèque des données. Toutefois, cette variabilité peut s'avérer riche en enseignements dans la mesure où elle reflète des comportements différenciés selon des circonstances particulières. En 2001, Chapleau et Morency ont illustré quelques problèmes de mesure liés à la première semaine d'échantillonnage de l'enquête OD 1998 (août, alors que l'école n'avait pas encore débuté) ainsi que ceux découlant de l'hétérogénéité d'échantillonnage entre jours de la semaine (Morency, Chapleau et al. 2006). Afin d'éviter que ce type de problème ne se reproduise en 2003,

un nouveau facteur de pondération prenant en considération le type de jour échantillonné a été intégré. Bien que cette idée soit bonne, elle peut aussi engendrer des problèmes de comparabilité avec les enquêtes précédentes.

L'étude des différentes étapes de la méthodologie classique d'analyse peut soulever de nouveaux questionnements au point de vue méthodologique :

- Quels sont les impacts des choix méthodologiques appliqués aux enquêtes sur les résultats d'analyse ?
- Quelles sont les limites apportées par des choix méthodologiques afin d'assurer de représenter fidèlement les comportements de mobilité lors de circonstances particulières et d'assurer la représentativité statistique des résultats ?
- Comment choisir la méthodologie à utiliser pour répondre plus justement aux différentes analyses spécifiques ?

Étant données les nombreuses ressources, autant matérielles, humaines que financières, qui sont impliquées dans la réalisation d'une enquête OD, il est souhaitable d'essayer de valoriser les données qui en sont issues, notamment en diversifiant leur utilisation et en amplifiant leur potentiel analytique. Il est notamment souhaitable d'utiliser l'ensemble des données qui sont disponibles, incluant celles nous renseignant sur la mobilité lors des jours de fin de semaine. L'enquête de fin de semaine effectuée en 1998 à Montréal, qui est une enquête totalement indépendante, n'est pas considérée dans les calculs habituels et ces données demeurent, jusqu'à ce jour, peu exploitées (sauf exception : (Morency, Chapleau et al. 2006).

### **1.1 Limite du jour moyen de semaine**

Habituellement, l'unité de base qui est utilisée pour les différentes analyses effectuées avec les enquêtes OD est le jour moyen de semaine. Historiquement, l'utilisation des enquêtes OD voulait répondre à certaines préoccupations en transport en commun qui peuvent très bien être étudiées à l'aide du jour moyen. De nos jours, certains organismes ont cependant des intérêts qui nécessitent d'approfondir les connaissances. L'ensemble des

données recueillies pendant l'enquête sont agrégées afin d'obtenir un jour type représentant les comportements moyens de mobilité pour une journée d'automne. Il est possible de se questionner sur l'utilisation de ce concept dans plusieurs types de calculs et d'analyses. Quoique l'utilisation du jour moyen simplifie de beaucoup les traitements sur les données, il a tendance à ne pas représenter fidèlement certains éléments comportementaux. Par exemple, la variabilité journalière ou saisonnière des comportements de mobilité, si elle existe, n'est pas reflétée par le jour moyen de semaine. En effet, selon ce concept, une journée de septembre est considérée semblable à une journée de décembre. Est-ce réellement le cas ? Par exemple, il est possible de mesurer la part modale des déplacements à vélo pour une journée typique d'automne à partir des enquêtes OD; cependant, il est beaucoup plus complexe de mesurer cet indicateur pour une journée de septembre et de décembre, ce qui nous renseignerait davantage sur la situation.

L'approche consistant à agréger toutes les informations, qui a l'avantage d'être simple et rapide, minimise l'effet du contexte (journée de la semaine, saison) sur les comportements de mobilité. La variabilité des comportements associée à chaque journée n'est pas considérée, ce qui peut avoir comme effet d'apporter une incertitude sur divers questionnements. Nul ne peut nier les différences de comportements de mobilité selon les jours de la semaine et de la fin de semaine. Par exemple, le type d'activités ainsi que leur distribution dans le temps lors d'un lundi sont très différents de ce qui est observé le vendredi. L'organisation des activités pour les ménages selon les différentes journées de la semaine et de la fin de semaine est aussi différente.

Afin de tenir compte de l'ensemble des activités et des déplacements qui sont effectués pendant une semaine, Morency questionne le concept de jour moyen de semaine et proposent de migrer vers le concept de semaine moyenne de déplacements (Morency, Chapleau et al. 2006). Ce nouveau concept permettrait d'essayer de prendre en considération, dans les analyses, la variabilité hebdomadaire des comportements de mobilité.

Quelques questionnements semblables peuvent être soulevés :

- Au niveau des comportements de mobilité, est-ce que les comportements du lundi sont semblables à ceux du vendredi ?
- Est-ce que l'utilisation de l'automobile est aussi importante pour ces deux journées ?
- Est-ce que l'utilisation de l'automobile pendant la fin de semaine est de la même forme que celle observée pendant la semaine ?
- Est-ce que l'utilisation des transports en commun est la même selon la journée de la semaine ?
- Est-ce que les activités magasinages sont semblables, en nombre et en durée, lors des différents jours de la semaine ainsi qu'à l'approche de la période des fêtes ?
- Est-ce que l'utilisation de la marche comme mode de transport est stable pendant la saison ?

Autant de questions qui sont difficiles à répondre, voire impossibles, avec le jour moyen de semaine, qui est utilisé actuellement dans les analyses de mobilité s'appuyant sur les données des enquêtes OD.

L'utilisation de la journée moyenne afin de mesurer la mobilité générale de la population reste nécessaire et essentielle. Cependant, si l'on veut étudier des comportements plus spécifiques de la mobilité tels que les activités de magasinage, le jour moyen de semaine n'est pas nécessairement la meilleure base d'analyse. Dans la perspective où un effort important est mis à promouvoir les modes de transports alternatifs et actifs, il est important de représenter le plus fidèlement possible ces comportements de mobilité, que ce soit de façon journalière, hebdomadaire ou saisonnière. La façon d'utiliser les informations disponibles doit prendre en considération le type d'analyse qui doit être effectuée, mais aussi les indicateurs qui doivent être estimés.

## **1.2 Développement méthodologique**

Les exemples précédents soulèvent des questions sur la méthodologie qui est utilisée pour l'estimation de divers indicateurs de mobilité pour des cas spécifiques. En fait,

peut-être serait-il serait plus pertinent d'adapter les traitements sur les données selon les analyses qui sont désirées? Une telle approche serait très différente de ce qui est habituellement réalisée. Elle serait adaptative, c'est-à-dire qu'elle pourrait varier en fonction des analyses qui sont désirées. A priori, les enquêtes OD ont le potentiel d'être utilisés de façon innovatrice en poussant un peu plus loin les analyses grâce à la richesse et la quantité d'informations qu'elles possèdent. Il faut cependant se demander si elles ont la capacité de représenter fidèlement la variabilité qui est observée dans les comportements de mobilité réels de la population. Avant de pouvoir conclure sur une méthode qui s'avérerait préférable, il faut pouvoir comparer des résultats. Il faut aussi pouvoir accompagner l'estimation d'un indicateur de précision ou à tout le moins, d'une incertitude sur l'estimation.

L'utilisation cohérente des enquêtes OD doit s'accompagner de méthodes et d'outils systémiques permettant de reproduire et de valider les résultats. Le temps et les ressources requis afin de passer à travers tous les processus et d'obtenir un ensemble de données utilisables étant assez long et coûteux, ces outils doivent permettre premièrement d'accélérer les traitements. Ils doivent aussi permettre d'accompagner l'analyste en transport dans le déroulement d'une analyse et dans l'utilisation des résultats.

Une telle approche nécessite de modifier la séquence d'analyse qui est habituellement utilisée dans l'analyse de données d'enquête OD. Selon le type d'analyse qui doit être effectué, plusieurs éléments devraient être adaptés comme par exemple, la sélection d'un échantillon, la base de référence de l'expansion des données, le niveau de résolution de l'analyse, la méthode de pondération ou les indicateurs à estimer. La Figure 1-1 fait la comparaison entre les deux méthodologies d'analyse.

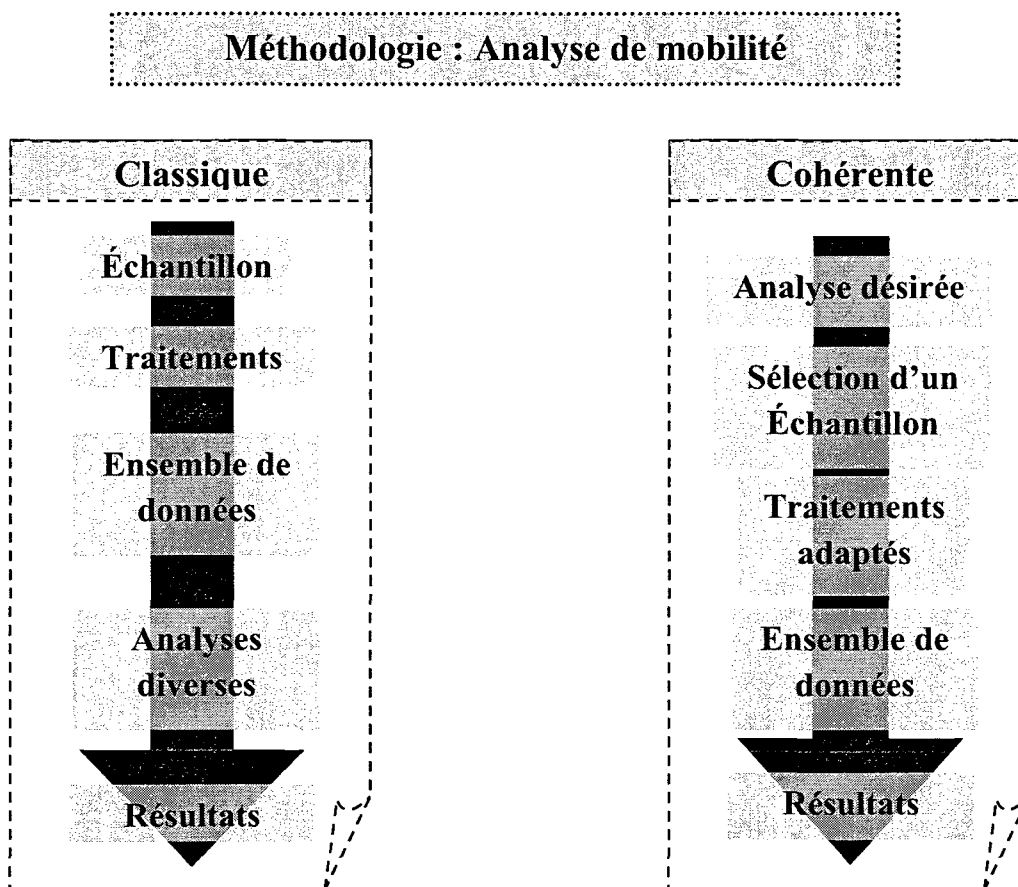


Figure 1-1 : Différentes approches pour l'analyse de données

### 1.3 Méthodologie cohérente d'analyse de données

Il y a un lien évident entre la variabilité statistique qui est observée pour un ensemble de données, l'échantillon qui est recueilli, le niveau de résolution choisi et les méthodes de pondération et d'expansion des enregistrements qui sont utilisées. De plus en plus, les nouvelles études se dirigent vers des éléments spécifiques de la mobilité qui nécessitent des données plus désagrégées. Cependant, malgré la taille initiale de l'échantillon de l'enquête OD, il se peut que la précision des résultats pour un certain niveau de résolution ne soit plus acceptable. Il est important de connaître les limites à ne pas

dépasser pour certains calculs en regard de la taille de l'échantillon qui est disponible. Les réponses aux questions suivantes deviennent donc primordiales:

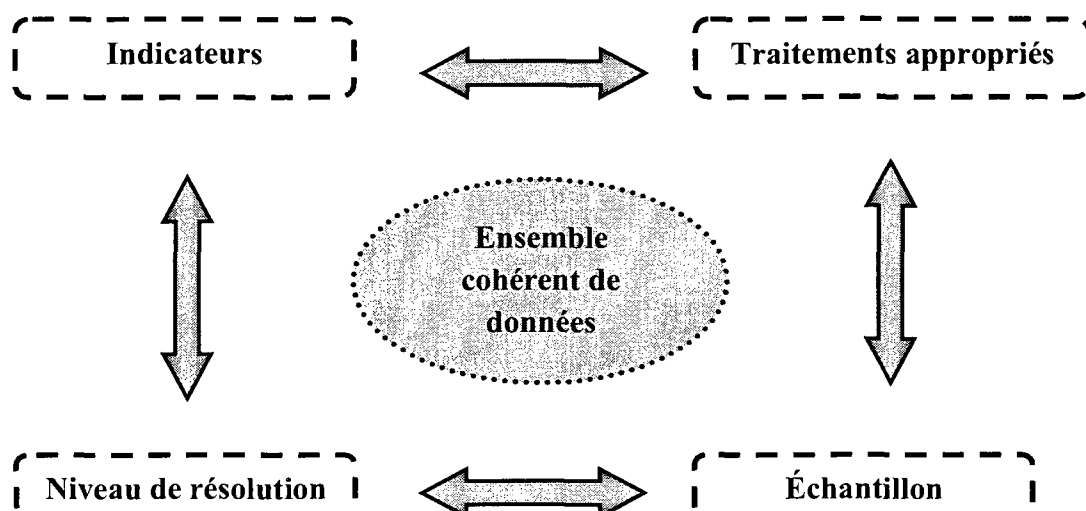
- Quel est l'échantillon nécessaire pour assurer la validité et la représentativité statistique d'un calcul ?
- Quel doit être le niveau de résolution acceptable pour une certaine analyse ?
- Quels indicateurs doivent être choisis et analysés pour une analyse particulière?
- Quelle est l'ensemble de données (filtre spatial, temporel) que l'on doit inclure dans l'analyse ?

Dans le cadre d'une enquête en continu, la réponse à la dernière question devient indispensable. En effet, l'utilisation d'un jour moyen dans l'utilisation d'une enquête en continu va nécessiter que l'on détermine les périodes à inclure dans le calcul des indicateurs que nous désirons estimer. Bien sûr, le fait de considérer les aspects mentionnés ci-haut va avoir un effet sur les traitements post-enquête, principalement sur les méthodes d'ajustement, de pondération et d'expansion des enregistrements.

En effet, on peut croire que la qualité des estimations qui sont réalisées est influencée par la conception et le déroulement de l'enquête (échantillonnage, durée, période, dispersion spatiale des unités d'échantillonnage). Elle est probablement aussi influencée par les traitements post-enquête tels la pondération et l'expansion des données ou l'agrégation de zones. Ces éléments tentent de corriger les différents biais qui auraient pu être causés par les deux étapes précédentes.

L'analyse cohérente d'un élément de la mobilité demande donc l'étude préalable de l'ensemble des éléments mentionnés précédemment. Par exemple, si on désire étudier les activités de magasinage de la période de Noël. La Figure 1-2 illustre une partie de la problématique à prendre en considération pour ce type d'analyse.





**Figure 1-2 : Éléments à considérer pour la construction d'un échantillon cohérent de données.**

- Choix d'un échantillon (choix d'une période d'analyse, vérification de la variabilité des indicateurs de mobilité lié à l'analyse désirée)
- Choix d'un niveau de résolution (vérification de la taille de l'échantillon qui est disponible)
- Choix des indicateurs importants de l'analyse
- Choix des traitements appropriés (pondération, expansion et ajustements spécifiques des enregistrements en fonction des éléments précédemment choisis)

L'étude préalable des différents aspects nécessite la création de méthode et d'outils appropriés permettant d'accompagner le professionnel dans ses analyses. L'avantage du jour moyen dans les analyses classiques est qu'il permet d'obtenir des estimations rapides et facilement. Les outils à créer devront donc permettre des traitements rapides et systématiques sur les données.

## CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE

Afin de favoriser une démarche de recherche cohérente, il est important de revoir les différents concepts qui sont énoncés dans la littérature. Il sera tout d'abord question des différentes méthodes de cueillette de données de mobilité et des données qui sont disponibles. Les enquêtes OD montréalaises étant uniques, elles seront présentées plus en détails. La variabilité journalière, hebdomadaire ou saisonnière que l'on observe dans la mobilité est, avec les méthodes usuelles, difficilement représentable avec les ensembles classiques de données. Cependant, plusieurs sont conscients que les comportements de mobilité varient de façon temporelle et essaient de les représenter en effectuant d'autres types d'enquêtes ou en utilisant d'autres sources de données. À Montréal, la taille des échantillons d'enquêtes OD disponibles permet d'imaginer d'autres méthodes d'analyse pour justement révéler la variabilité comportementale.

### **2.1 Données et informations sur la mobilité**

L'utilisation de données de mobilité est importante dans l'ensemble des grandes villes. L'objectif initial des décideurs en transport était de prévoir la demande future des infrastructures et du transport en commun à court, moyen et long terme. Pour ce faire, il faut être capable de décrire précisément l'utilisation des infrastructures et les comportements de mobilité actuels de la population.

Pour aborder ces problématiques, deux approches peuvent être utilisées. L'approche descriptive se base sur l'analyse de données de mobilité recueillies afin de caractériser les comportements. L'estimation d'indicateurs moyens de mobilité est donc un élément important. L'approche explicative, quant à elle, se base sur la modélisation des comportements et du système d'activités d'une personne. La calibration de tels modèles s'appuie sur des données détaillant les comportements de mobilité des individus.

Le coût d'acquisition de ces données est assez prohibitif. En plus de ressources financières que nécessite l'acquisition de données, il faut ajouter les ressources humaines et matérielles afin de rendre utilisables ces données.

### **2.1.1 Enquête Origine-Destination montéalaïse**

Il s'agit d'une opération de grande envergure visant à recueillir des renseignements fiables et à jour sur les habitudes de déplacement et les choix des résidents d'une région. L'échantillon est constitué de ménages qui sont choisis aléatoirement dans une région donnée à partir des numéros de téléphone présents dans les bottins téléphoniques. Les cellulaires ne sont donc pas inclus dans l'enquête. L'objectif est que l'échantillon soit le plus représentatif de la population dont on veut représenter les comportements de mobilité. Une entrevue téléphonique confidentielle d'une durée moyenne de dix minutes est réalisée avec les ménages qui acceptent de répondre aux multiples questions. Les renseignements recueillis constituent une ressource importante pour les planificateurs en transport travaillant à l'amélioration des réseaux routiers et de transport en commun actuels et futurs.

Ces enquêtes permettent de faire des analyses sur trois niveaux : le ménage, la personne et le déplacement. Ces trois niveaux permettent d'analyser et de décrire les contraintes relatives :

- Au ménage (localisation, motorisation, taille) ;
- Aux personnes (occupation, âge, sexe, motif) ;
- Aux chaînes de déplacements (mode, localisation).

Il existe plusieurs types d'enquête Ménage de mobilité. Ces enquêtes permettent d'obtenir de l'information différente sur la mobilité des individus. Elles permettent d'estimer les caractéristiques de mobilité des personnes et de rassembler une connaissance fine et détaillée de la nature et des caractéristiques des déplacements des personnes. De façon plus générale, ces enquêtes visent à :

- mesurer la mobilité des personnes et son évolution;

- analyser le comportement et les choix modaux des usagers;
- réaliser des prévisions de la demande en transport;
- alimenter des modèles de simulation des déplacements sur les réseaux.

Ces enquêtes se tiennent généralement à l'automne, durant quelques mois. Cette saison est privilégiée puisqu'elle constitue une période de stabilité quant aux activités liées au travail et aux études et qu'elle correspond à une sollicitation maximale des systèmes de transport urbains. Les différentes expériences effectuées dans ce mémoire se basent essentiellement sur les données des enquêtes OD montréalaises de 1998 et 2003. Depuis la première enquête, le territoire d'étude a sensiblement augmenté afin d'intégrer de nouvelles zones urbaines qui sont apparues en périphérie. Le choix d'inclure ou d'exclure un secteur à l'enquête se base sur la proportion de la population de ces secteurs dont le lieu de travail principal se situe dans la région de Montréal. Ces données étant inconnues avant la réalisation de l'enquête, ce calcul est basé sur les résultats du recensement canadien qui précède habituellement de 2 ans les enquêtes OD.

### **2.1.2 Information disponible**

Les enquêtes OD montréalaises se présentent sous la forme d'une base de données contenant les informations recueillies pour toutes les personnes appartenant à chaque ménage. Elles permettent d'obtenir beaucoup d'informations sur la mobilité de la population et sur les caractéristiques sociodémographiques des personnes et des ménages. L'enquête de type téléphonique permet d'assurer la qualité des données grâce au système logiciel développé sur mesure permettant une interactivité entre l'enquêteur, le répondant et le logiciel. À la différence de nombreuses enquêtes Ménages effectuées ailleurs, les enquêtes OD de Montréal ont la particularité d'avoir un taux d'échantillonnage important (environ 5%) et d'avoir une précision spatiale très élevée. En effet, pour chaque déplacement effectué, les coordonnées X, Y de l'origine et de la destination du déplacement sont déterminés en fonction des adresses exactes, d'intersections de rue ou bien de générateurs de déplacements qui sont connus sur le territoire. Plusieurs autres attributs s'ajoutent afin de pouvoir caractériser la population

et le ménage et de pouvoir recréer le plus fidèlement possible les déplacements qui sont effectués. Les informations suivantes sont également relevées :

- Taille du ménage ;
- Nombre d'automobile dans le ménage ;
- Âge et sexe de la personne ;
- Statut de la personne (travailleur, étudiant, etc.) ;
- Motif d'activité (travail, étude, retour au domicile, magasinage, loisir, autres) ;
- Mode de transport (transport en commun, auto-conducteur, auto-passager, etc.) ;
- Journée et heure de départ des déplacements ;
- Lignes de TC ou autoroutes et ponts empruntés selon le mode de transport ;
- Séquence des différents modes de transport utilisés ;
- Origine et destination précises du déplacement.

D'autres attributs découlant de ceux qui sont relevés sont ensuite calculés tels que la durée d'activité et la distance à vol d'oiseau du déplacement. Il est à noter que les caractéristiques sociodémographiques des personnes qui ne se déplacent pas sont aussi relevées et considérées dans les analyses. Le nombre de variables et la précision de l'information recueillie se sont raffinés avec le temps.

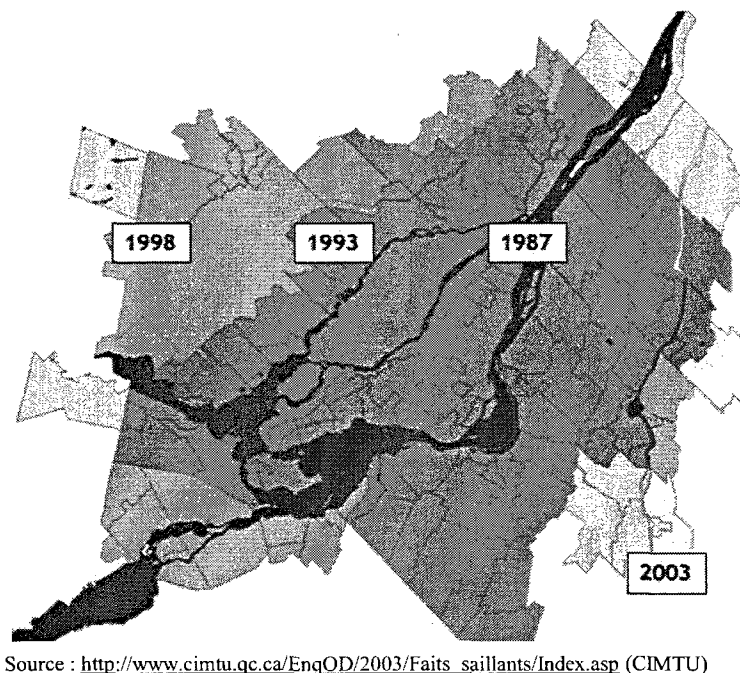
En plus des enquêtes OD traditionnelles, il existe d'autres types d'enquête qui sont quelque peu différentes. Les enquêtes OD en mode continu sont des enquêtes très semblables aux enquêtes section traditionnelles. Les différences résident dans la taille de l'échantillon qui est recueilli quotidiennement, qui est beaucoup plus petite, et à la période d'acquisition des données, qui se fait sans arrêt. Certains favorisent l'acquisition d'un échantillon de plus grande taille la première année pour ensuite réduire cet échantillon pour les années subséquentes (Ampt 2004). L'enquête en continu a donc le potentiel d'illustrer la variabilité annuelle des comportements de mobilité de la population. Cependant, plusieurs questions subsistent sur la façon de traiter et d'utiliser ces données.

## **2.2 Petit historique des enquêtes OD à Montréal**

À partir des années 50, face à la forte croissance des transports motorisés, les villes développent rapidement leur réseau routier en construisant de nouvelles infrastructures de transport. Étant donné les sommes investies par les différents paliers de gouvernements, la planification des transports et la prévision à plus ou moins long terme deviennent des outils importants. La Commission de transport de Montréal (CTM) crée en 1967 le service de la Planification. La première enquête régionale fut réalisée par la Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal en 1970. Dans les années qui suivent, ayant pour objectif de toujours mieux mesurer et comprendre les comportements de mobilité de la population, les enquêtes OD se sont raffinées par l'ajout de nouvelles questions et l'amélioration de la qualité et de la précision de l'information. Le développement de l'informatique a aussi permis d'accentuer le développement d'instruments de collecte et d'analyse pour ces données. À travers les années, plusieurs organismes ont participé au déroulement des enquêtes. Maintenant, l'Agence Métropolitaine de Transport chapeaute la réalisation des enquêtes OD, avec la participation, en ressources humaines, techniques et financières, des sociétés de transport de la région, incluant le MTQ (des détails supplémentaires sur l'historique des enquêtes OD à Montréal sont disponibles à [www.cimtu.qc.ca](http://www.cimtu.qc.ca) (CIMTU) et à [www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere) (MTQ)).

Ces enquêtes sont réalisées environ aux 5 ans dans la région de Montréal. Elles permettent de mettre à jour les données de mobilité pour les différentes analyses, de suivre l'évolution des comportements de mobilité et d'évaluer l'impact de modifications sur les réseaux routiers et de transport en commun.

D'autres enquêtes de type Origine-Destination ont été effectuées au Québec et au Canada. Plusieurs régions métropolitaines et grandes villes canadiennes et mondiales possèdent de l'information sur la mobilité provenant d'enquêtes OD semblables à celles effectuées à Montréal.



**Figure 2-1 : Territoire couvert par l'ensemble des enquêtes OD montréalaises depuis 1987**

### **2.3 Potentialités analytiques des enquêtes OD**

Les enquêtes OD permettent d'estimer des indicateurs courants de la mobilité des montréalais. Néanmoins, les potentialités analytiques de ces ensembles de données sont immenses. À Montréal, plusieurs travaux ont été effectués dans le but d'exploiter l'ensemble des données disponibles et d'approfondir nos connaissances, particulièrement par le groupe de recherche MADITUC de l'école polytechnique.

Plusieurs travaux de recherche démontrent les potentialités diverses qu'offrent ces enquêtes pour soutenir des analyses supplémentaires moins classiques. Par exemple, des études sur l'utilisation des stationnements (Morency et al., 2006), sur la mobilité des travailleurs (Chapleau 1999), sur les effets redistributifs (Chapleau et Morency 2004), sur les générateurs de déplacements (Trépanier et Chapleau 1996; Trépanier, Chapleau et al. 2002), la modélisation du choix modal (Joly 2008), la fusion de données (Bonnel, Morency et al. 2008) ou sur les transports actifs (Morency et Demers 2007; Morency,

Trépanier et al. 2008) font parties des analyses découlant des enquêtes OD et de la création d'outils et de méthodes appropriés.

L'étude des variables dites secondaires comme les variables sociodémographiques ont permis d'analyser pour Montréal différentes lois et modèles. Entre autres, des travaux ont été effectués sur l'effet du vieillissement de la population sur la demande de transport (Chapleau et Girard 1986), sur l'effet de différentes variables sociodémographiques sur le choix de localisation et la structure des ménages (Morency et Chapleau 2008) et sur l'effet de différentes variables sociodémographiques sur le choix de localisation et la structure des ménages (Morency et Chapleau 2008).

La présence de données spatiales précises dans les enquêtes OD montréalaises permet aussi de faire des analyses sur l'utilisation du territoire et l'étalement urbain (Chapleau 1991; Morency et Chapleau 2003; Morency 2004). Le fait de disposer de nombreuses enquêtes depuis 1970 ont permis d'établir les tendances de motorisation et sociodémographiques. Ces éléments ont pu par la suite servir pour la création de modèles de projection de la demande (Chapleau, Lavigueur et al. 1994).

La valorisation de ces données nécessite aussi la création d'outil permettant de bien illustrer les résultats. Plusieurs travaux ont été effectués en ce sens comme par exemple, la création d'outil d'analyse spatiale et de visualisation des résultats (Chapleau, Morency et al. 2008). La construction d'un visualisateur de données sous la forme de plaquettes municipales permet aussi de faciliter l'analyse des données sous différents aspects. Les enquêtes OD sont aussi utilisées par de nombreuses applications comme le logiciel MADITUC, comprenant la coquille MADIGAS, qui sert entre autre à la planification des transports.

## **2.4 Variabilité des comportements de mobilité**

La plupart des indicateurs de transport qui servent de base à la planification des infrastructures et des opérations sont mesurés en période de pointe du matin pour une journée moyenne. Cependant, il n'est pas rare d'apercevoir de la congestion sur les



infrastructures de transport pendant les périodes hors-pointe et pendant les fins de semaine. En fait, on remarque que les habitudes de déplacements de la population se modifient de plus en plus. Les cycles d'activités des ménages s'étendent, non seulement sur une journée, mais sur plusieurs jours, voire une semaine. L'analyse de comportements de mobilité doit donc être considérée dans le temps de façon globale, et non de façon journalière. Ceci peut avoir une importance dans les villes industrialisées mais, aussi dans les villes qui sont en développement où les habitudes de déplacements de la population sont différentes et évoluent rapidement.

Hyung et Dea étudient les différences dans les habitudes de déplacement de la population de la Corée en sachant qu'une fraction des travailleurs a une semaine de travail de 5 jours tandis que les autres en ont une de 6 jour.(Hyung, Dea et al. 2004). Ils concluent que la durée de la semaine moyenne de travail a nécessairement un impact sur les cycles d'activités de la population.

Comme certains le soulignent (Pas 1988), l'analyse des comportements de mobilité sur une période de temps supérieure à une journée comme la semaine et la fin de semaine était réalisée afin de comprendre mieux les cycles d'activités. Plusieurs approches ont été développées mais elles ont une problématique commune. Les informations nécessaires afin d'étudier de façon longitudinale les cycles d'activités doivent être d'une grande richesse, autant sur la qualité des informations que sur la taille de l'échantillon disponible.

Les enquêtes Origine-Destination montréalaises contiennent un capital de données très important. La taille de l'échantillon, le nombre de variables recueillies et sa grande qualité sont reconnus par plusieurs (Morency, Chapleau et al. 2006). La taille de l'échantillon sondé, environ 5% de ménages, permet d'effectuer des études de façon désagrégée. Il est relativement difficile de représenter graphiquement la variabilité d'indicateurs de mobilité à partir de l'enquête OD car les estimations se basent sur un jour moyen. Néanmoins, il est possible de calculer l'incertitude qui est liée à l'estimation d'un indicateur. Cette mesure représente cependant l'incertitude statistique

liée à la moyenne et à l'écart type d'un indicateur et surtout à la taille de l'échantillon qui est disponible. Dans le cas d'une enquête OD, la taille de l'échantillon est très grande et donc, l'incertitude sur la mesure est très petite. Cette incertitude ne représente pas nécessairement bien la variabilité observée dans les comportements de mobilité. Elango et Guensler ont utilisé une méthode statistique similaire pour déterminer l'effet de différentes journées de la semaine sur la variabilité observée sur le nombre de déplacements effectués par ménage par jour (Elango, Guensler et al. 2007). Un intervalle de confiance était estimé à partir de ces indicateurs et une vérification de la coïncidence de ces intervalles avec les valeurs estimées pour les autres jours de la semaine était effectuée. De cette façon, ils étaient capables de déterminer si deux indicateurs étaient semblables ou non. Cependant, l'échantillon qu'ils avaient en leur possession était très petit (100 ménages) comparativement à celui des enquêtes montréalaises. Les intervalles de confiance sur les indicateurs étaient assez importants comparativement à ce que l'on pourrait obtenir pour l'enquête OD où la taille de l'échantillon nous assure une grande précision statistique.

Il existe plusieurs moyens pour caractériser les différences dans les comportements de mobilité. Par exemple, Golledge propose une approche statistique basée sur une analyse multivariée de la variance de certains indicateurs afin de pouvoir comparer les journées d'échantillon entre elles (Zhou et Golledge 2000). Cette méthodologie leur permet de déterminer si les différents échantillons sont similaires sur différents indicateurs. Ces derniers concernent principalement les motifs des activités réalisées pendant la semaine.

À Montréal, l'enquête OD de fin de semaine de 1998, permet aussi de comparer les comportements de mobilité selon les jours de la semaine et de la fin de semaine (Morency, Chapleau et al. 2006; Verreault et Morency 2008). D'autres ont eu la possibilité de faire de telles analyses comme Hunt qui compare divers indicateurs de mobilité de fin de semaine à partir de deux enquêtes provenant de San Francisco et de Calgary (Hunt, McMillan et al. 2005). Avec les données disponibles à Montréal, nous pouvons nous intéresser à la variabilité que l'on observe dans les comportements de

mobilité de l'automne. Cependant, les enquêtes en continu vont permettre de mieux observer la variabilité saisonnière de ces comportements.

Il est aussi intéressant d'essayer de déterminer les causes de la variabilité qui est observée. Plusieurs aspects peuvent avoir une influence sur les comportements de mobilité comme la température, les congés, la progression de la semaine, la semaine de relâche ou la proximité de Noël. La température est un élément important au Québec où les saisons apportent des changements importants. Cet aspect pourrait devenir de plus en plus intéressant à Montréal avec la mise en service de BIXI, un service de vélo-partage dont l'objectif est de favoriser l'utilisation du vélo pour des déplacements courants. Thomas (Thomas, Jaarsma et al. 2008) essaie de modéliser le nombre de déplacements effectués en vélo en fonction de la température aux Pays-Bas. Leur modèle permet d'expliquer environ 50 % de la variabilité qui est observée dans les comportements de la population. Il est à noter que la part modale du vélo dans leur pays est beaucoup plus importante que celle qu'on retrouve à Montréal.

## **2.5 Méthode d'analyse**

De plus en plus, les comportements de mobilité des individus se modifient. Après avoir constaté que les comportements de mobilité varient temporellement, plusieurs ont tenté d'observer ces comportements sur une plus longue période. Les cycles d'activités ont tendance maintenant à se dérouler sur plusieurs journées. Il est cependant difficile d'évaluer l'effet d'un phénomène sur les cycles d'activités de la population. Le concept de jour moyen de semaine a donc été remis en question et de nouveaux concepts d'analyses ont été proposés tels que la semaine typique d'activités (Morency, Chapleau et al. 2006). La difficulté d'obtenir des données utilisables pour ce type d'analyse pousse les chercheurs à penser à de nouvelles méthodes comme la création de données synthétiques (Beckman, Baggerly et al. 1999).

Plusieurs chercheurs s'intéressent à la modélisation des cycles d'activités des individus sur quelques jours, voire une semaine complète. Par exemple, Tarignan et Katamura s'intéressent à l'analyse de la fréquence des activités de loisir pendant la semaine en

fonction de la variabilité de celles-ci dans le temps (Tarignan et Kitamura 2008). D'autres s'intéressent à la reconnaissance des cycles d'activités des individus dans une semaine de déplacements et de leur modélisation (Bayarma et Kitamura 2009; Kuhnimhof et Gringmuth 2009; Stopher et Clifford 2009).

La plupart de ces analyses se basent sur des données provenant d'enquête OD par panel, c'est-à-dire qui fournissent de l'information sur les déplacements effectués lors d'une semaine complète. Ces enquêtes ont habituellement un faible taux d'échantillonnage car celui-ci est coûteux à acquérir. Ce faible taux d'échantillonnage limite la quantité d'informations qui peut servir dans le développement et le calibrage des modèles. Dans le cas où ce type d'information n'est pas disponible, la création d'une semaine synthétique de déplacements devient un domaine de recherche intéressant (Beckman, Baggerly et al. 1999; Melhuish, Blake et al. 2002; Chalasani 2005).

L'objectif de la synthèse des données est de modéliser une semaine moyenne d'activités et de déplacements des individus en fusionnant des bases de données d'informations qui sont disponibles. Les enquêtes OD de type traditionnel sont un outil adapté pour ce type de fusion grâce aux propriétés de l'échantillon et aux nombreux attributs qu'elles contiennent. L'objectif est de fusionner à partir d'un vecteur d'attributs commun les informations de déplacements pour chacune des journées de la semaine (Bonnell, Morency et al. 2008).

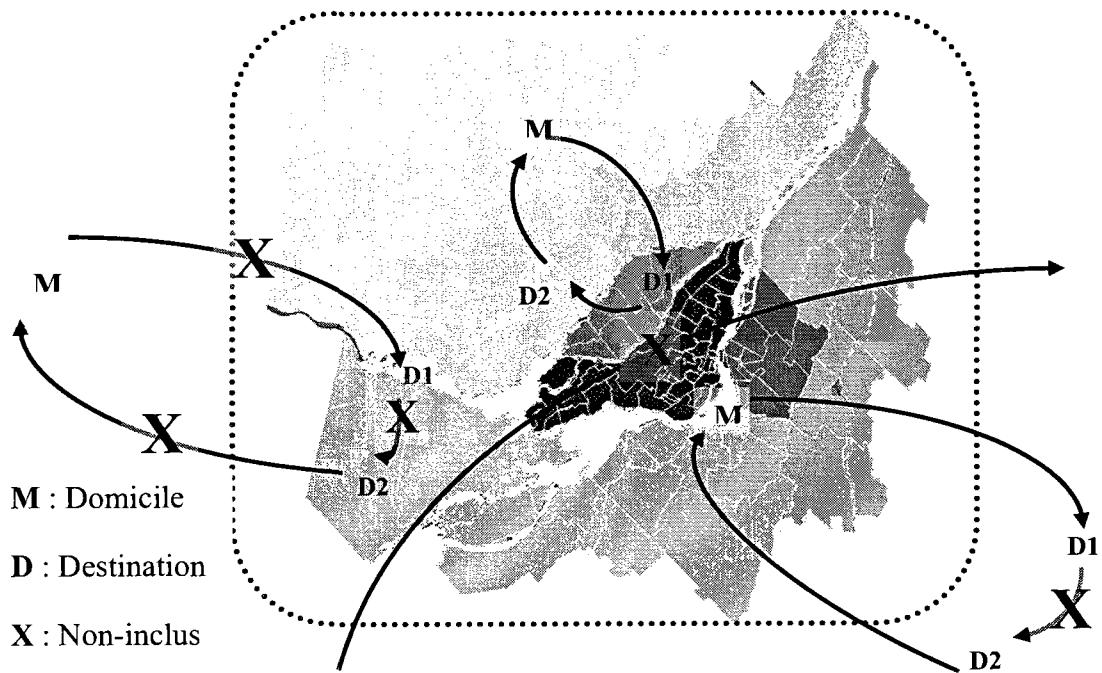
## **CHAPITRE 3 :    SYSTÈME D'INFORMATION ET MÉTHODOLOGIE**

La prochaine section détaille un peu plus certains des éléments de la méthodologie qui seront utilisés dans les prochaines sections. Pour ce faire, différents aspects seront étudiés tels que les données utilisées, les indicateurs de mobilité et sociodémographiques servant comme éléments de comparaison, la méthodologie utilisée pour la réalisation et la conception d'une enquête OD ainsi que les systèmes d'information utilisés.

### **3.1 Système d'information**

#### **3.1.1 Territoire à l'étude**

Afin de représenter avec précision les comportements de mobilité qui sont observables dans la GRM, il est important d'inclure dans les calculs l'ensemble de l'univers des déplacements et activités qui sont effectuées sur le territoire. Cependant, il est très difficile de capter tous les comportements de mobilité. Les enquêtes OD montréalaises se basent sur le domicile afin de déterminer si une population ou un secteur doit être inclus dans les analyses. La Figure 3-1 illustre les types de paires OD et les chaînes de déplacements qui sont répertoriés dans les enquêtes OD de la région de Montréal.



**Figure 3-1 : Ensemble de paires OD et de chaînes de déplacements qui sont inclus et répertoriés dans les enquêtes OD montréalaises de type ménage**

Les déplacements qui sont recueillis dans l'enquête OD sont ceux dont le domicile est compris dans les limites du territoire à l'étude. En plus, au moins une des deux extrémités de déplacements doit appartenir au territoire. Par exemple, les déplacements effectués par les touristes ou le transport de marchandise ne sont pas inclus. À chaque enquête, le territoire couvert par les enquêtes OD dans la GMR augmente sensiblement afin de prendre en considération l'étalement urbain.

### 3.1.2 Enquête montréalaise de 1998

Les diverses expérimentations qui seront réalisées dans les prochaines sections utilisent des données provenant de l'enquête OD de 1998. Cette enquête a la particularité d'être constituée de deux enquêtes indépendantes. L'une possède les informations sur les déplacements effectués pendant les journées de la semaine tandis que l'autre possède celles qui correspondent aux déplacements effectués lors de la fin de semaine. Ces enquêtes ont été effectuées en parallèle pendant la même période.

La population de référence est constituée d'environ 1 400 000 ménages et d'environ 3 500 000 personnes, selon le recensement canadien de 1996. L'enquête s'est déroulée durant l'automne 1998, du 24 août au 13 décembre. Les données décrivent les déplacements qui ont été réalisés pendant 81 journées de semaine (lundi au vendredi) et 32 journées de fin de semaine (samedi et dimanche).

L'enquête de semaine est constituée des informations sur les personnes se déplaçant ou non d'environ 65 000 ménages de la région de Montréal. Environ 160 000 personnes ont donc accepté de révéler les informations sur les déplacements pour une journée d'automne de 1998. Le taux d'échantillonnage est de 4.64%. L'échantillon possède près de 400 000 enregistrements dont près de 385 000 sont des déplacements valides.

Les déplacements la fin de semaine correspondent à un échantillon de près de 10 000 ménages, soit plus de 25 000 personnes. Le taux d'échantillonnage est de 0.69%. Cet échantillon représente un total de près de 55 000 enregistrements dont environ 46 000 sont des déplacements valides.

Afin de représenter des résultats qui sont comparables à ceux réalisés par l'ensemble de la population du territoire, chaque enregistrement est pondéré en fonction de paramètres sociodémographiques et géographiques. Les échantillons de semaine et de fin de semaine sont pondérés de façon indépendante telle que l'ensemble des facteurs permet de représenter l'univers pour chaque échantillon. Ces facteurs d'expansion permettent aussi d'ajuster le sous-échantillonnage et la non-réponse de certaines strates de l'échantillon. À la suite de l'expansion des enregistrements, l'échantillon représente l'ensemble de la population de référence.

La cueillette de données de mobilité pour des journées de fin de semaine permet d'avoir un ensemble de données unique afin de comparer les comportements de mobilité de semaine et de fin de semaine. Quoique l'échantillon soit plus petit que celui de semaine, les observations sont en nombre suffisant, pour soutenir des analyses générales.

### **3.1.3 Enquête Origine-Destination de 2003**

En plus de l'enquête OD de 1998, celle de 2003 a aussi été utilisée pour des fins d'analyse dans quelques sections de ce mémoire. Cette enquête a la particularité de s'être déroulée sur deux saisons, soit du mois de septembre 2003 au mois de janvier 2004. Cependant, seule la période d'automne sera considérée dans les estimations afin de rendre les résultats comparables avec ceux de 1998. La base de données possède les informations sur les déplacements effectués pendant les journées de la semaine. Comparativement à 1998, seules les journées de semaine sont enquêtées.

La population de référence est constituée d'environ 1 600 000 ménages et d'environ 3 600 000 personnes, selon le recensement canadien de 2001. L'enquête s'est déroulée durant l'automne 2003 et l'hiver 2004, du 3 septembre au 20 décembre 2003 ainsi que du 8 au 24 janvier 2004. Les données décrivent les déplacements qui ont été réalisés pendant 91 journées de semaine (lundi au vendredi). Le territoire couvre 5 500 km<sup>2</sup> de la région de Montréal.

La base de données est constituée des informations sur les personnes se déplaçant ou non d'environ 70 000 ménages de la région de Montréal. Environ 170 000 personnes ont accepté de révéler les informations sur les déplacements pour une journée d'automne de 2003. Le taux d'échantillonnage est de 4.7%. La base de données obtenue, après les différents traitements, possède près de 410 000 enregistrements dont un peu plus de 370 000 sont des déplacements valides.

Comme l'enquête de 1998, chaque enregistrement est pondéré en fonction de paramètres sociodémographiques et géographiques. La méthode de pondération est similaire à ce qui a été fait en 1998. Cependant, un facteur d'ajustement, fonction de la journée de la semaine dont l'entrevue a été réalisée, est aussi inclus dans la méthode de pondération. À la suite de l'expansion des enregistrements, l'échantillon représente l'ensemble de la population de référence.



### 3.2 Indicateurs généraux

Afin de caractériser la mobilité générale de la population de la GRM, plusieurs indicateurs seront utilisés au niveau sociodémographique et de la mobilité. Le choix de ces indicateurs est important car ceux-ci permettent de mesurer et d'estimer de façon objective un phénomène. Ce sont aussi des outils décisionnels qui permettent d'évaluer l'efficacité de certaines mesures.

Ces indicateurs vont permettre de caractériser et comparer les différents résultats qui vont être obtenus dans les prochaines analyses. Ils pourront aussi permettre de classer et de regrouper entre eux les résultats. L'enquête OD contient de nombreuses informations sur la mobilité des personnes mais, aussi sur la sociodémographie de la population de la GRM. C'est pour ces raisons que ces deux types d'indicateurs seront utilisés dans les analyses.

#### 3.2.1 Indicateurs sociodémographiques

Le Tableau 3-1 présente différents indicateurs obtenus à l'aide des enquêtes OD de 1998 (semaine et fin de semaine) et de 2003. Ces indicateurs permettent de caractériser la sociodémographie de la population de référence. Il est à noter que ces estimations utilisent les échantillons pondérés.

**Tableau 3-1 : Indicateurs sociodémographiques des enquêtes OD de 1998 et 2003 à Montréal**

Indicateurs	Enquête OD 1998 (Semaine)	Enquête OD 2003 (Semaine)
Ménages	1 407 000	1 516 000
Personnes	3 499 000	3 670 000
Personnes/ménage	2.49	2.31
Âge moyen (ans)	36.2	37.5
Auto/logis	1.18	1.22
Auto/personne	0.47	0.50

\*Échantillon réduit pour l'enquête de 2003

\*\* Territoire non comparable entre l'enquête OD de 2003 et de 1998

La population de référence étant la même pour l'enquête 1998 de semaine et de fin de semaine, les différents indicateurs sociodémographiques sont identiques. Les

différences entre les résultats de 2003 et 1998 illustrent l'évolution de la démographie dans la GRM durant les 5 ans séparant les deux enquêtes.

### 3.2.2 Indicateurs de mobilité

Les indicateurs de mobilité permettent de caractériser les comportements de mobilité de la population. Les tableaux suivants présentent les résultats pour quelques indicateurs de mobilité pour les enquêtes OD de 1998 et de 2003.

**Tableau 3-2 : Indicateurs de mobilité (24 heures) selon les enquêtes OD de 1998 (semaine et fin de semaine) et de 2003**

Indicateurs	Enquête OD 1998		Enquête OD 2003
	(Semaine)	(Fin de semaine)	(Semaine)
Taux de déplacements (ménage)	5.78	4.54	5.26
Taux de déplacements (personne)	2.45	1.82	2.30
Taux de mobilité (personne se déplaçant)	79%	65%	79%
Durée d'activité (minutes)	274	185	305
Distance moyenne d'un déplacement à vol d'oiseau (km)	7.4	9.6	7.9
Taux occupation du véhicule	1.2	1.7	1.2

\*Échantillon réduit pour l'enquête de 2003

\*\* Territoire non comparable entre l'enquête OD de 2003 et de 1998

Les définitions des différents indicateurs présentés dans le Tableau 3-2 sont les suivantes :

- Taux de déplacements des ménages : Nombre de déplacements moyens effectués par ménage par jour ;

$$\text{Dépl/men} = \frac{\sum \text{Déplacements}}{\text{Population de référence(ménage)}}$$

- Taux de déplacements des personnes : nombre de déplacements moyens effectués par personne par jour ;

$$T_{mobilité} = \frac{\text{Déplacements}}{\text{Population de référence (personnes)}}$$

- Taux de mobilité : nombre de personnes ayant effectué au moins un déplacement pendant la journée sur la population de référence ;

$$T_{mobilité} = \frac{\text{Personnes se déplaçant}}{\text{Population de référence}}$$

- Durée d'activité (minutes) : temps passé à la destination, incluant la durée du déplacement permettant d'y accéder ;

$$\text{Durée}_{moy} = \frac{\text{Durées d'activités}}{\text{Activités}}$$

- Distance moyenne d'un déplacement (distance à vol d'oiseau) :

$$\text{Dist}_{moy} = \frac{\text{Distances parcourues}}{\text{Déplacements}}$$

- Taux d'occupation moyen d'un véhicule ;

$$T_{occup} = \frac{\text{Depl. AC} + \text{Depl. AP}}{\text{Depl. AC}}$$

**Tableau 3-3 : Part modale des modes de transport (24 heures)**

Indicateurs Part modale	Enquête OD 1998		Enquête OD 2003
	(Semaine)	(Fin de semaine)	(Semaine)
Transport en commun (TC)	13.9%	7.5%	13.8%
Auto-conducteur (AC)	52.6%	49.1%	53.8%
Auto-passager (AP)	15.1%	32.9%	13.7%
Marche (M)	12.3%	7.8%	10.6%
Vélo (V)	1.2%	1.5%	1.1%

\*Échantillon réduit pour l'enquête de 2003

\*\* Territoire non comparable entre l'enquête OD de 2003 et de 1998

La définition des différents indicateurs présentés dans le Tableau 3-3 est la suivante :

- Part modale d'un mode de transport ;

$$PM_i = \frac{\text{Déplacements mode } i}{\text{Déplacements}}$$

**Tableau 3-4 : Taux de déplacements par personne selon le motif d'activité (24 heures)**

Indicateurs (Dpl/pers/jour)	Enquête OD 1998		Enquête OD 2003
	(Semaine)	(Fin de semaine)	(Semaine)
Travail	0.42	0.10	0.42
Étude	0.23	0.01	0.22
Loisir	0.20	0.44	0.17
Magasinage	0.22	0.31	0.17
Autres	0.24	0.16	0.23

\*Échantillon réduit pour l'enquête de 2003

\*\* Territoire non comparable entre l'enquête OD de 2003 et de 1998

La définition des différents indicateurs présentés dans le Tableau 3-4 est la suivante :

- Taux de déplacements selon un motif d'activités ;

$$T_{\text{motif } i} = \frac{\text{Activités motif } i}{\text{Population de référence (personnes)}}$$

### 3.3 Méthodes statistiques

L'approche descriptive pour l'analyse des données et pour la modélisation de comportements de mobilité est limitée par certaines contraintes statistiques. Effectivement, le nombre d'observations disponibles limite la précision et le niveau de résolution possible. Les méthodes statistiques deviennent donc un outil important afin de s'assurer de la validité et de la précision des résultats. L'échantillon de l'enquête OD est considéré comme un échantillon aléatoire stratifié. Plusieurs des éléments statistiques suivants seront utilisés dans les prochaines sections.

#### 3.3.1 Test de normalité

En statistiques, les tests de normalité permettent de vérifier si les données réelles suivent une loi normale ou non. Ces tests prennent une place importante en statistiques. En effet, de nombreux tests supposent la normalité des distributions pour être applicables. En toute rigueur, il est important de vérifier la normalité des échantillons avant d'utiliser ces tests. Cependant, de nombreux tests sont suffisamment robustes pour être utilisables

même si les distributions s'écartent de la loi normale. Le nombre d'observations est crucial afin de déterminer si une distribution peut être définie comme normale. Souvent, lorsque le nombre d'observations est supérieur à 30, les tests se basant sur une distribution normale peuvent être utilisés s'ils sont assez robustes (Adjengue et Carmichael 2005). Le test de normalité qui a été utilisé pendant les analyses est le test basé sur la statistique Shapiro-Wilk (W). Ce test se base sur l'estimation des différences entre la distribution de l'échantillon et celle d'une distribution normale théorique. Les hypothèses sont les suivantes :

- $H_0$  : La distribution théorique normale est semblable à celle de l'échantillon
- $H_1$  : La distribution théorique normale est différente à celle de l'échantillon

L'estimation de la statistique W correspond aux calculs d'un coefficient de corrélation entre les distributions. Plus cette valeur est près de 1, plus l'échantillon peut être caractérisé comme suivant une distribution normale.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

#### Équation 3-1 : Équation du test de Shapiro-Wilk

Dans l'Équation 3-1, la variable  $a_i$  représente sont des constances estimées à l'aide du rang des différentes valeurs dans l'échantillon.

### 3.3.2 Test d'hypothèse

En statistique, un test d'hypothèse est une démarche consistant à rejeter ou à ne pas rejeter une hypothèse statistique, appelée hypothèse nulle, en fonction d'un jeu de données (échantillon). Il s'agit de statistique inférentielle, c'est à dire qu'à partir de calculs réalisés sur des données observées, nous émettons des conclusions sur la population, en leur rattachant un risque de se tromper.

Dans les cas qui nous préoccupent, nous nous intéressons surtout à effectuer des tests d'égalité de moyennes entre deux échantillons. Le niveau de confiance acceptable est de 95% ; c'est-à-dire que l'on accepte de se tromper dans 5% des cas. Les hypothèses sont les suivantes:

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Pour estimer cette statistique, la variance des échantillons est inconnue mais supposée égale ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ). À partir des variances estimées des échantillons, il est possible d'estimer une valeur ( $s_p$ ) de la variance commune ( $\sigma^2$ ).

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \times s_1^2 + (n_2 - 1) \times s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

**Équation 3-2 : Estimateur de la variance commune de deux échantillons indépendants lorsque l'on suppose  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$**

La statistique suivante obéit à une loi t de  $n_1 + n_2 - 2$  degrés de liberté

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

**Équation 3-3 : Statistique obéissant à une loi t de  $n_1 + n_2 - 2$  degrés de liberté pour tester l'égalité des moyennes de deux échantillons indépendants**

### 3.3.3 Tests paramétriques

Les équations précédentes s'appliquent lorsqu'on utilise des échantillons qui possèdent une distribution paramétrée. Une distribution est paramétrée lorsqu'il est possible de la représentée à l'aide de paramètres simples de l'échantillon tels que la moyenne et l'écart type. Dans ce cas, les caractéristiques des données peuvent être résumées à l'aide de paramètres estimés sur l'échantillon : la procédure de test subséquente ne porte alors que sur ces paramètres. Les tests paramétriques, qui supposent la normalité des données, sont les plus souvent utilisés car la moyenne et la variance suffisent pour caractériser complètement la distribution. Il est à noter que pour ce test, il est possible d'utiliser un échantillon pondéré afin de calculer ces statistiques.

### 3.3.4 Tests non-paramétriques

Les tests non paramétriques ne font aucune hypothèse sur la distribution sous-jacente des données. On les qualifie souvent de tests sans distribution. L'étape préalable

consistant à estimer les paramètres des distributions avant de procéder au test d'hypothèse n'est pas nécessaire. Ces tests se basent sur une classification en rang des observations de l'échantillon.

Dans ce travail, dans la majorité des cas, les tests paramétriques seront utilisés. Les enquêtes OD possède un échantillon de grande taille, ce qui aide à remplir l'hypothèse de normalité. Ils permettent aussi de prendre en considération la pondération des enregistrements dans les tests, ce que les tests non-paramétriques ne permettent pas.

### **3.3.5 Méthode de regroupement**

Les tests paramétriques entre deux échantillons permettent d'évaluer si deux échantillons proviennent de la même population. Une autre façon de définir si deux échantillons peuvent être regroupés est l'utilisation des méthodes de regroupements. La HAC (classification ascendante hiérarchique) est une technique de classification automatique. Elle vise à produire un regroupement des individus de manière à ce que les individus dans un même groupe soient similaires et que les individus dans des groupes différents soient dissemblables.

L'avantage de cette méthode de regroupement est qu'il n'est pas nécessaire au préalable de définir le nombre de classes désirées. La méthode regroupe donc l'ensemble de l'échantillon dans un nombre de classes indéterminé contenant chacune un nombre variable d'éléments. Un autre avantage de cette méthode est qu'elle peut s'appliquer à toutes les distributions sans se soucier si elles sont de type normal ou autres. L'approche par méthode de regroupement pourrait aussi permettre de regrouper des échantillons en prenant en considération plusieurs indicateurs à la fois.

## CHAPITRE 4 : VARIABILITÉ DES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ

De nos jours, chacun sait que les zones de congestion varient en fonction de la période de l'année. Par exemple, grâce aux vacances d'été, la circulation est beaucoup plus fluide. Les habitudes de déplacements de la population selon la journée de la semaine ne sont pas toujours les mêmes. La période de pointe du vendredi matin, les activités de magasinage à l'approche de Noël et les activités de loisir le vendredi soir en sont des exemples. Il est alors possible de se questionner sur les capacités à représenter ces comportements avec des données de mobilité. L'enquête OD de Montréal recueille essentiellement des déplacements effectués lors de journées de semaine d'automne et permettent de construire un portrait détaillé des comportements de mobilité de la population. En effet, ce type d'enquête permet de répertorier des informations détaillées sur tous les déplacements réalisés lors d'une journée de semaine par environ 5 % des ménages résidant sur le territoire de la GRM. La taille et la forme de l'échantillon qui sont recueillies sont déterminées selon différents aspects:

- Les données doivent permettre d'obtenir les comportements de mobilité d'automne;
- L'échantillon doit être assez grand pour assurer une certaine précision statistique ;
- L'échantillon doit représenter l'ensemble de la population du territoire ;
- L'échantillon doit être distribué uniformément dans le temps et l'espace ;
- La taille de l'échantillon doit être suffisamment grande pour effectuer des analyses désagrégées;
- La taille et la profondeur du questionnaire (nombre et difficulté des questions) de l'échantillon est limitée par le coût d'acquisition des données.

### 4.1 Objectifs

L'objectif principal de cette expérimentation est de mieux documenter l'effet de l'agrégation des journées de la semaine en un jour moyen. En fait, on peut à la fois se



questionner sur la validité d'un tel jour moyen et sur la capacité de l'enquête OD à bien représenter les phénomènes particuliers du transport.

En outre, une question persiste quant aux potentialités d'analyses des données des enquêtes OD. Étant donné que ces enquêtes ne sont pas conçues, a priori, pour de telles expériences, est-ce que l'information est assez complète et est-ce que la taille de l'échantillon est suffisante afin d'assurer la validité des résultats? Dans l'affirmative, pour une analyse spécifique, quels ensembles de données faudrait-il utiliser et quelles sont les opérations à réaliser sur ces données?

## **4.2 Méthodologie**

Les enquêtes OD à Montréal se basent sur la journée moyenne d'automne qui a tendance à ne pas faire ressortir la variabilité journalière, hebdomadaire et mensuelle dans les comportements de mobilité. L'objectif est de modifier la structure des données présentes dans l'enquête OD afin démontrer s'il existe des différences temporelles dans les comportements et si elles sont significatives. La date correspondant à la journée enquêtée étant disponible dans les données, il est possible de décomposer la base de données selon la journée du déplacement. Le résultat est l'obtention de 113 sous-échantillons correspondant aux comportements de mobilité de la population de chacune des journées.

Un redressement des sous-échantillons basé sur les ménages et les personnes est nécessaire afin que chaque sous-échantillon soit comparable et puisse permettre d'estimer des indicateurs représentant l'univers de référence. Un facteur de redressement pour chaque journée, basé sur le nombre de ménages et de personnes présents dans le sous-échantillon par rapport à la population de référence, est appliqué aux données. À la suite de ces opérations, chaque journée de l'enquête devient indépendante et peut être analysée et comparée. La Figure 4-1 propose une synthèse de la méthodologie qui est utilisée.

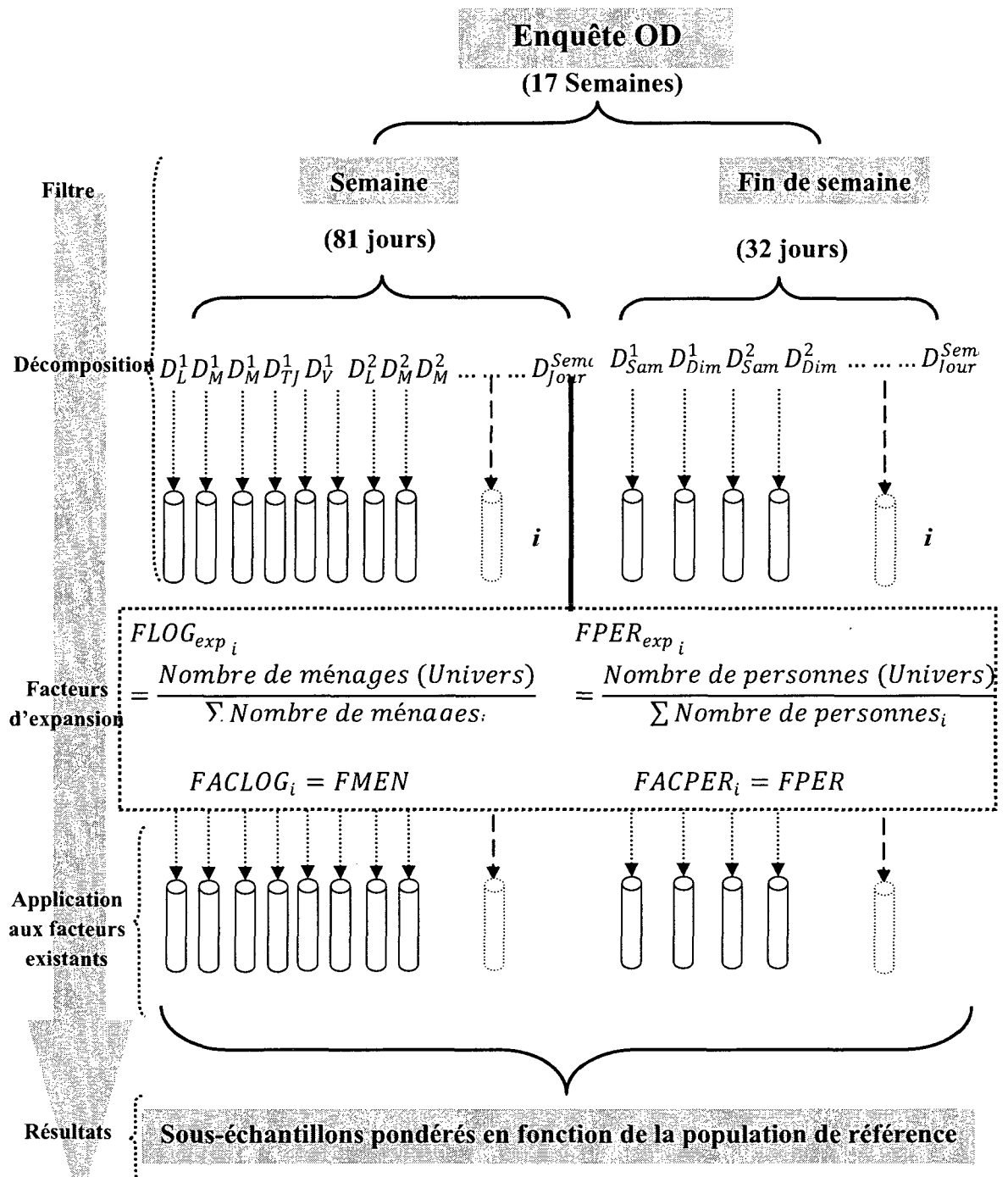
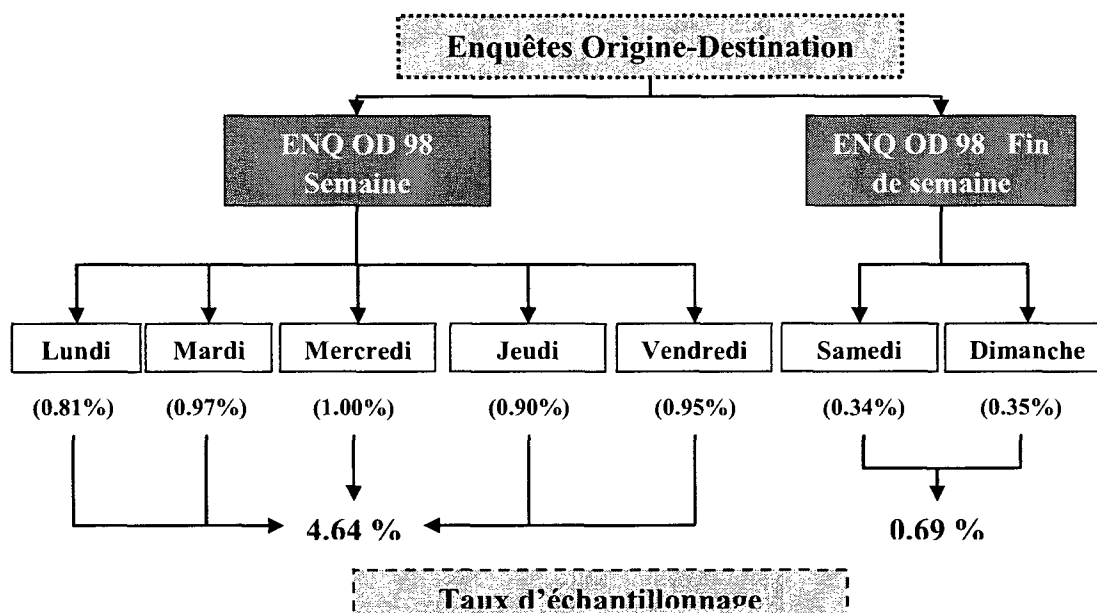


Figure 4-1 : Méthodologie de décomposition et pondération des sous-échantillons

Le redressement des enregistrements, fonction de la population de référence, est appliqué aux facteurs de pondération qui sont déjà disponibles dans le fichier. De cette façon, on suppose que les biais d'échantillonnage dus aux strates géographiques et sociodémographiques sont pris en considération dans le processus de pondération initial et que l'échantillonnage de chaque journée est semblable. Une expansion simple basée sur le nombre de ménages et de personnes de la population de référence est donc suffisante. Cependant, cela suppose que l'échantillon de chaque journée de l'enquête est similaire au niveau des caractéristiques des ménages et des personnes et que la progression des objectifs dans les strates soit uniforme.

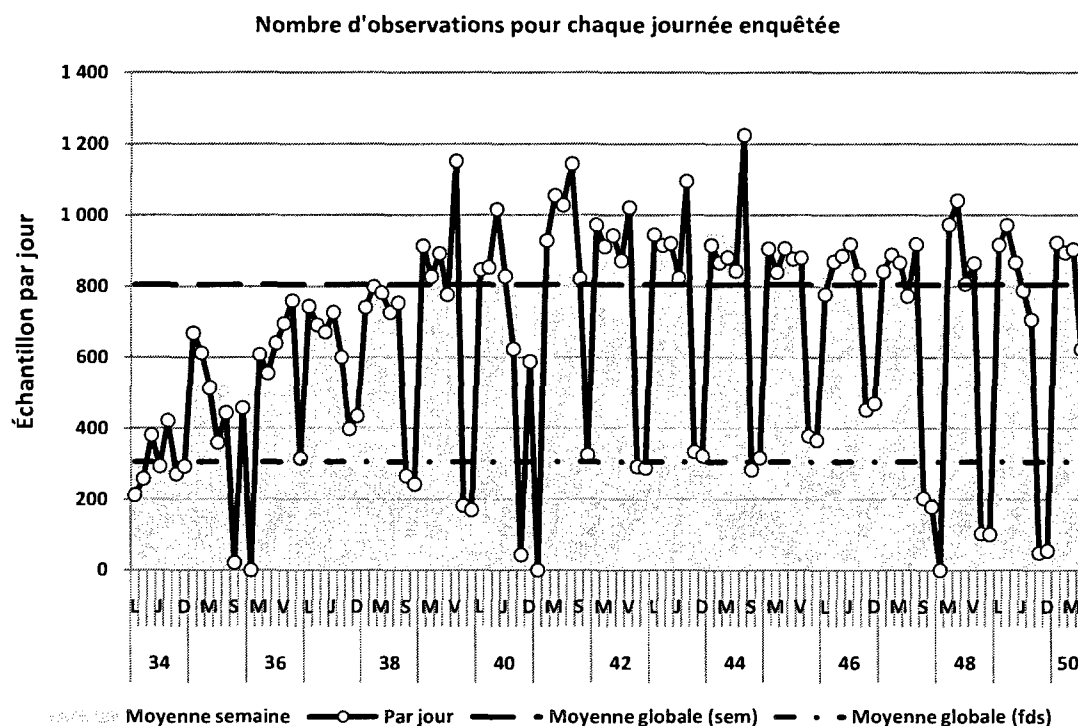
#### **4.2.1 Variabilité de l'échantillon**

Les échantillons recueillis lors de l'enquête OD de 1998 portent sur les journées de la semaine et de la fin de semaine. En théorie, l'objectif est d'obtenir un échantillon uniforme pendant la durée de l'enquête. En pratique, ceci est beaucoup plus difficile à accomplir car plusieurs éléments peuvent avoir une influence sur le taux de réponse de la population tels que le lieu de domicile du répondant ou la météo. Des contraintes techniques liées au centre d'appel telles que des pannes, un manque d'effectif chronique ou une baisse de la motivation des enquêteurs peuvent aussi avoir une influence sur la distribution de l'échantillon recueilli dans le temps et dans l'espace. Avec la méthodologie d'analyse qui est utilisée dans cette section, il est important d'étudier la distribution de l'échantillon car il peut avoir un impact sur les résultats d'analyse. La figure 4-2 présente la taille de l'échantillon ainsi que le taux d'échantillonnage pour chaque type de journée enquêtée.



**Figure 4-2 : Taux d'échantillonnage de chaque type de jour Enquête OD 1998**

Le taux d'échantillonnage du lundi est inférieur à celui des autres journées. Le sous-échantillonnage de cette journée peut possiblement insérer un biais dans le calcul de certains indicateurs car, les comportements de mobilité observés pendant la semaine ne sont pas identiques. Afin d'éliminer ce problème, l'enquête de 2003 incorporait un facteur d'ajustement en fonction de la journée de la semaine où les déplacements étaient effectués. De cette façon, chaque journée de la semaine était représentée également après les traitements. Pour l'enquête de 1998, la distribution de l'échantillon n'est pas uniforme sur les 113 journées qui ont été enquêtées. La Figure 4-3 montre, en effet, que le taux d'échantillonnage varie tout au long du déroulement de l'enquête.



**Figure 4-3 : Nombre de ménages échantillonnés pour chaque journée de l'enquête**

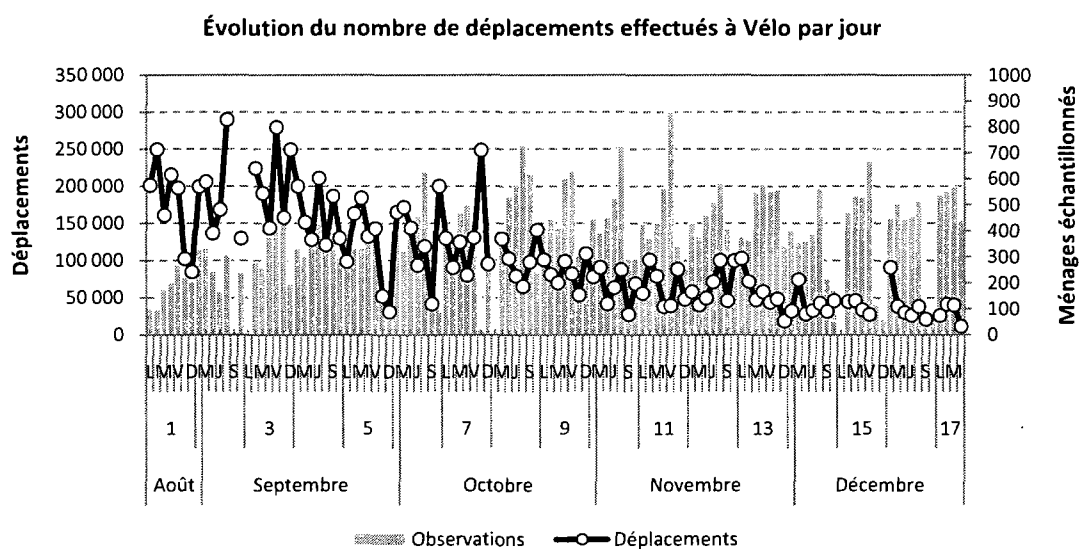
La Figure 4-3 montre qu'il y a une augmentation du nombre de ménages qui sont enquêtés pendant la semaine. Il est à noter que certaines journées n'ont pas été enquêtées car elles étaient considérées comme non-représentatives de la période d'automne (congrégés fériés). On remarque une certaine stabilité après quelques semaines d'enquête.

Il est possible de se questionner sur l'effet du sous-échantillonnage dans les premières semaines. On remarque dans le Tableau 4-1, que le mois de septembre est le mois qui a été le moins enquêté, en excluant août et décembre car seules quelques journées ont été enquêtées.

**Tableau 4-1 : Nombre de ménages enquêtés pour chaque mois de l'automne 1998**

Mois	Ménage (Semaine)	Moyenne (Semaine)	Ménage (Fds)	Moyenne (Fds)
Août	2 235	373	564	282
Septembre	14 302	650	2 896	362
Octobre	19 683	895	3 044	338
Novembre	17 722	844	2 971	330
Décembre	11 285	868	308	77

Le débalancement observé dans l'échantillonnage de chacun des mois pourrait avoir un impact sur certains indicateurs de la mobilité si les comportements de mobilité de la population ne varient pendant ceux-ci. Par exemple, il est raisonnable de croire que le nombre de déplacements à mode actif, principalement les modes vélo et marche, varient selon la période d'automne. Alors, un sous-échantillonnage du mois de septembre influencerait automatiquement le nombre de déplacements effectués en vélo pour un jour moyen d'automne. Afin de contrer cet effet, il serait possible d'ajuster les enregistrements lors du processus de pondération des données. Cependant, cet ajustement s'appliquerait à l'ensemble des enregistrements, tandis qu'il est peut-être nécessaire seulement pour certain. Par exemple, la Figure 4-4 illustre ce phénomène.



**Figure 4-4 : Évolution du nombre de déplacements effectués à vélo par jour (Automne 1998)**

Le nombre de déplacements effectués à vélo varie beaucoup selon le mois. Afin d'obtenir un indicateur plus représentatif, un ajustement pourrait être nécessaire. Cependant, cet ajustement pourrait aussi amener un biais supplémentaire pour d'autres comportements qui eux, ne sont pas ou peu influencés. Il faut premièrement évaluer les effets des différentes méthodes de calculs sur les résultats. Il se peut aussi que la meilleure méthode soit de personnaliser la méthodologie de calcul d'un indicateur, c'est-à-dire de revoir la méthode de pondération, d'expansion et d'ajustement des enregistrements en fonction d'un calcul précis.

### **4.3 Analyse de la variabilité**

La méthodologie qui a été expliquée précédemment amène à se poser une question : Est-ce que les comportements de mobilité de la population évoluent dans le temps et donc, est-ce que la période pendant laquelle l'enquête se déroule a un effet non négligeable sur les comportements de mobilité qui sont mesurés à partir de l'enquête OD ? A priori, on peut facilement imaginer que plusieurs facteurs ont une influence sur la mobilité. Entre autres, il est intéressant de s'attarder à la similarité d'indicateurs de mobilité pendant les jours de semaine et à leur évolution dans le temps. Les habitudes de déplacement de la population sont-elles les mêmes pour une semaine de septembre que pour une semaine de décembre ? Est-ce que le retour des vacances a un effet significatif sur le nombre de déplacements et leur structure spatio-temporelle ? Mais, qu'en est-il réellement de l'évolution des comportements de mobilité pendant l'enquête ? Est-ce qu'il y a une variabilité qui est observée dans les comportements de mobilité et si oui, est-ce qu'elle est significative ?

#### **4.3.1 Indicateurs**

Afin de faire les analyses, les prochaines sections utilisent principalement le nombre de déplacements effectués par jour selon le mode de transport utilisé et le motif d'activité. Ils donnent une bonne indication sur la variabilité réelle qui est observée et sur l'effet de l'expansion des enregistrements sur les résultats. Les principaux motifs d'activités et modes de transport étudiés sont :

Motif d'activité	Mode de transport
• Travail	• Auto-conducteur (AC)
• Étude	• Auto-passager (AP)
• Loisir	• Transport en commun (TC)
• Magasinage	• Marche (M)

Pour ce qui est des modes de transport, la période de pointe AM s'étendant de 6h00 à 8h59 et la pointe PM s'étendant de 15h30 à 18h29, ont aussi été étudiées.

#### 4.3.2 Profil longitudinal

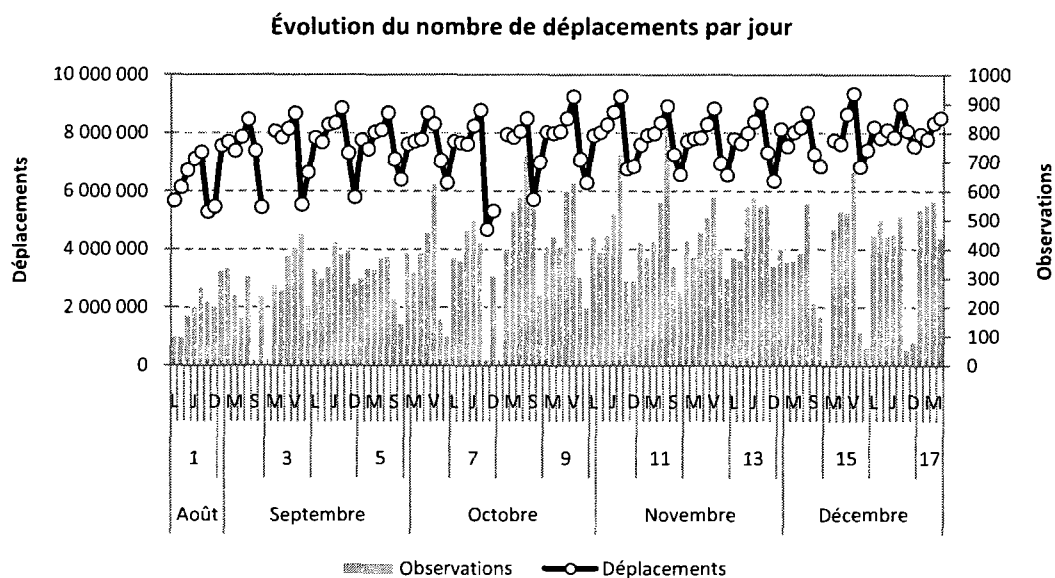
Pour évaluer les différentes perspectives énoncées précédemment, les figures suivantes présentent un profil longitudinal, couvrant l'ensemble des journées de l'enquête, des déplacements effectués par jour pour différents motifs d'activités. Premièrement, sur la Figure 4-5, on remarque une hausse progressive du nombre total de déplacements effectués pendant la semaine (lundi au vendredi). Le nombre de déplacements effectués pendant la fin de semaine est inférieur aux autres journées. Le vendredi est, en général, la journée la plus importante de la semaine en termes de déplacements. La variabilité des comportements selon les différentes journées de la semaine est facilement observable. Cependant, il existe aussi une variabilité entre les différentes semaines d'enquêtes qui peut être liée à divers événements spécifiques, notamment la semaine de relâche (universitaire), qui surviennent pendant la période d'enquête.

On remarque aussi une hausse des déplacements qui sont effectués au fur et à mesure que l'on approche des vacances des fêtes. Cette hausse est plus importante pour les jours de fin de semaine et les jours du début de la semaine (lundi, mardi). En effet, l'amplitude entre les déplacements effectués pour toutes les journées de la semaine a tendance à diminuer. Pour la dernière semaine de l'enquête, le nombre de déplacements effectués pendant la fin de semaine est presque égal aux autres journées de la semaine.

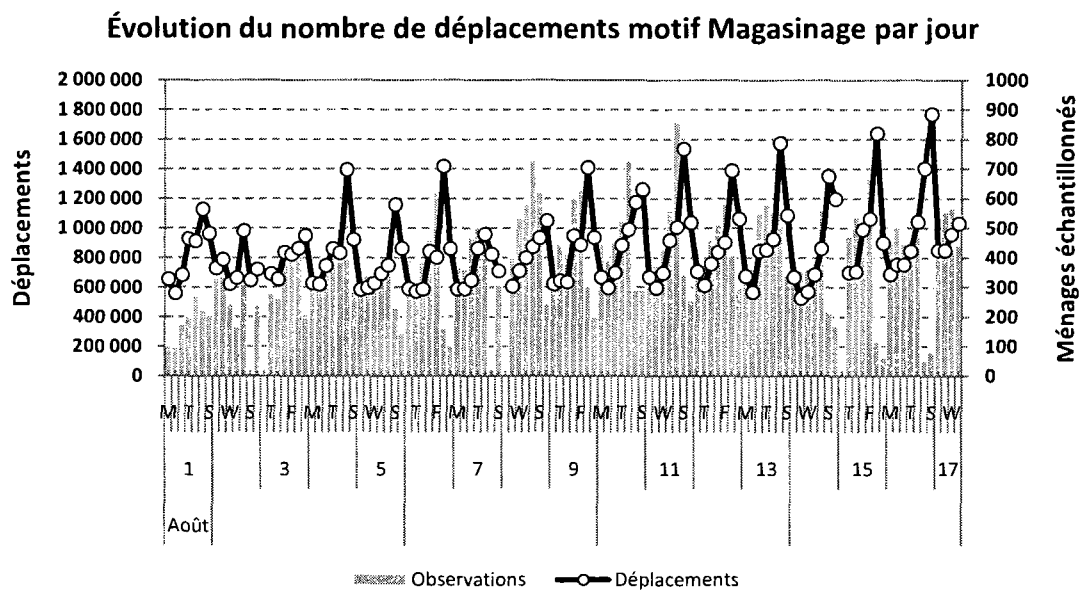


Cela peut probablement être expliqué par une hausse des activités magasinage pendant la fin de semaine et les soirs de semaine à l'approche de Noël.

En effet, la Figure 4-6 permet d'observer une hausse marquée des déplacements motif magasinage. Contrairement à la Figure 4-5, la variabilité entre les journées d'une même semaine a tendance à augmenter pendant l'enquête.

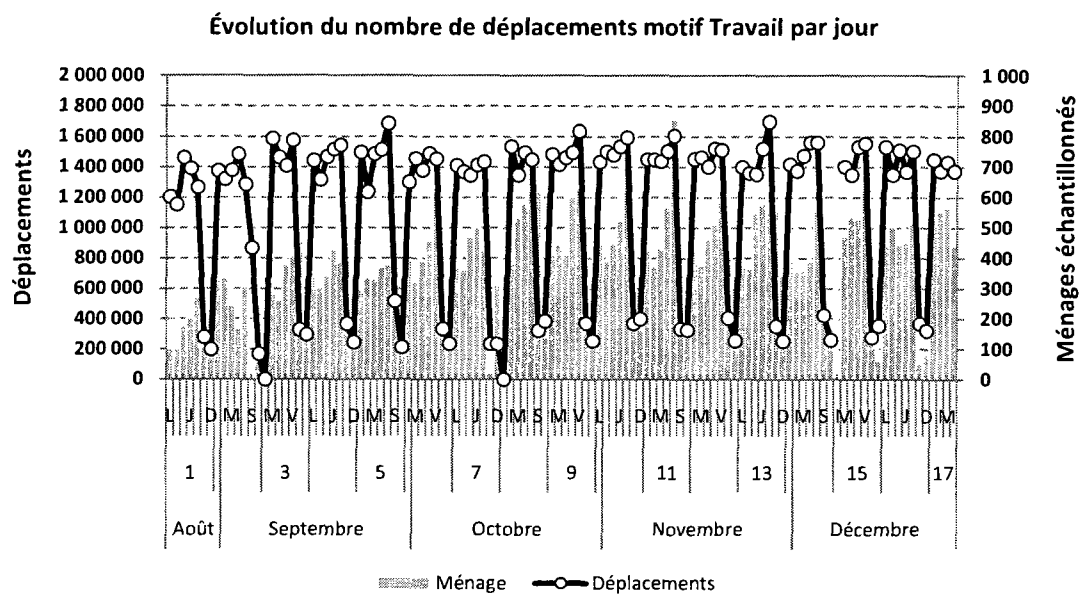


**Figure 4-5 : Profil longitudinal du nombre de déplacements effectués par jour**

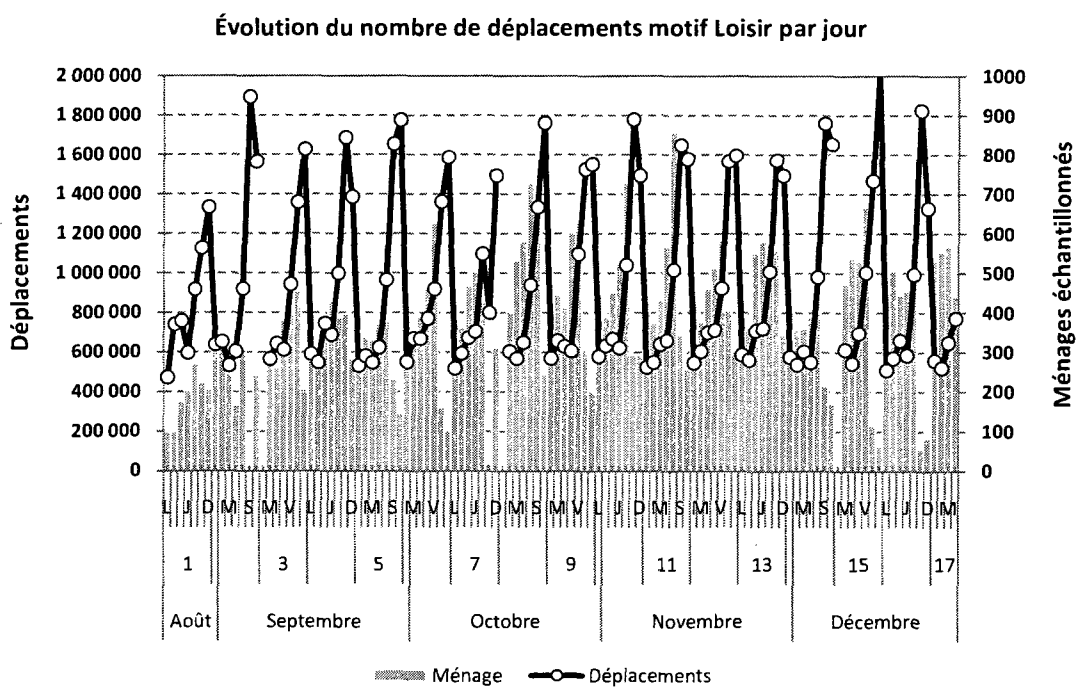


**Figure 4-6 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif magasinage effectués par jour**

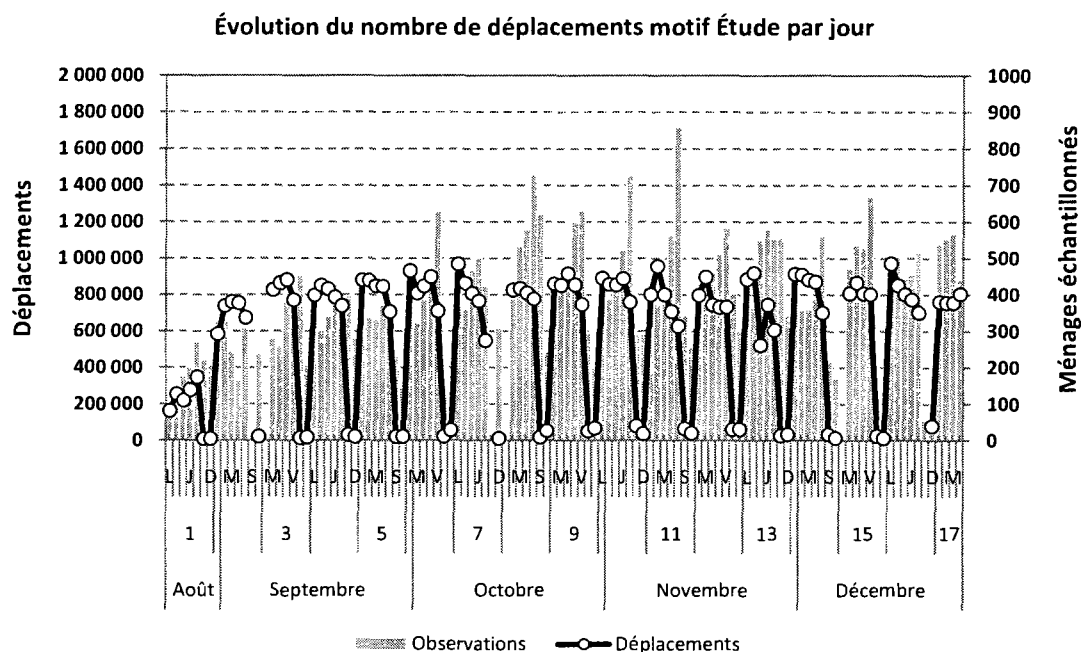
La variabilité observée entre les différentes semaines d'enquête n'est pas semblable pour tous les indicateurs caractérisant la mobilité des individus. Par exemple, la Figure 4-7, la Figure 4-8 et la Figure 4-9 démontrent que la hausse de la mobilité à l'approche de la fin de l'enquête affecte peu les activités loisir, travail et étude. Cela semble confirmer que ces activités sont régulières dans le cycle d'activités des ménages.



**Figure 4-7 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif travail (24 heures) effectués par jour**



**Figure 4-8 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif loisir effectués par jour**



**Figure 4-9 : Profil longitudinal du nombre de déplacements motif étude effectués par jour**

À la vue de ces résultats, il est possible de s'interroger sur la prise en considération de certains échantillons dans l'enquête. Par exemple, on remarque que la mobilité de la première semaine d'enquête, qui se situe en août, est inférieure et ce, pour l'ensemble des motifs d'activités. Les vacances n'étant pas terminées et l'année scolaire pas commencée en général, cette baisse de la mobilité est facilement explicable. Cependant, il est possible de se questionner aussi sur sa pertinence dans l'enquête étant donné que les comportements de mobilité de cette semaine ressemblent davantage à des comportements estivaux qu'automnaux. En outre, la dernière semaine d'enquête, où le cycle d'activités des ménages est influencé par le magasinage des fêtes et les vacances à venir, a-t-elle un impact lorsque l'on veut mesurer les comportements de mobilité moyens d'automne?

Il est aussi intéressant d'essayer de distinguer des tendances dans les habitudes de déplacements. Par exemple, est-ce que les comportements de mobilité que l'on observe le lundi sont réellement différents de ceux du vendredi ? Pour répondre à ces questions,

il est intéressant d'essayer de caractériser les différents sous-échantillons et de les comparer entre eux. Il est important de ne pas seulement comparer entre eux les comportements, mais bien de quantifier leur différence afin de pouvoir fixer un seuil limite.

Le Tableau 4-2 et le Tableau 4-3 présentent les moyennes du nombre de déplacements effectués par jour pour chaque journée de la semaine selon le motif d'activité et le mode de transport.

**Tableau 4-2 : Nombre de déplacements effectués par jour selon le motif d'activité**

<u>Déplacements par jour ± intervalle de confiance à 95%</u>	Déplacements effectués par jour selon le motif d'activité				
	Tous	Travail	Étude	Magasinage	Loisir
Lundi	7 673 000 ± 318 900 (CV = 4.2%)	1 417 000 ± 43 300 (CV = 3.1%)	800 200 ± 109 500 (CV = 13.7%)	665 500 ± 36 400 (CV = 5.5%)	553 000 ± 21 600 (CV = 3.9%)
Mardi	7 682 300 ± 205 400 (CV = 2.7%)	1 391 000 ± 50 500 (CV = 3.6%)	814 900 ± 73 600 (CV = 9.0%)	639 000 ± 42 000 (CV = 6.6%)	599 900 ± 27 000 (CV = 4.5%)
Mercredi	7 868 000 ± 183 100 (CV = 2.3%)	1 424 000 ± 26 700 (CV = 1.9%)	773 800 ± 79 600 (CV = 10.3%)	700 000 ± 45 500 (CV = 6.5%)	640 000 ± 32 000 (CV = 5.0%)
Jeudi	8 235 600 ± 185 000 (CV = 2.3%)	1 477 000 ± 29 300 (CV = 2.0%)	776 300 ± 67 000 (CV = 8.6%)	851 600 ± 48 100 (CV = 5.7%)	656 900 ± 30 900 (CV = 4.7%)
Vendredi	8 740 114 ± 232 400 (CV = 2.7%)	1 521 000 ± 60 400 (CV = 4.0%)	684 300 ± 54 800 (CV = 8.0%)	913 000 ± 43 700 (CV = 4.8%)	984 700 ± 28 600 (CV = 2.9%)
Samedi	6 725 500 ± 450 000 (CV = 6.7%)	383 600 ± 70 900 (CV = 18.5%)	***	1 240 000 ± 143 500 (CV = 11.6%)	1 522 800 ± 37 900 (CV = 2.5%)
Dimanche	6 193 100 ± 652 400 (CV = 10.5%)	279 500 ± 31 900 (CV = 11.4%)	***	1 021 000 ± 122 000 (CV = 12.0%)	1 594 000 ± 82 000 (CV = 5.1%)
Jour moyen	8 044 716 ± 131 300 (CV = 1.6%)	1 128 000 ± 114 400 (CV = 10.1%)	765 400 ± 78 300 (CV = 10.2%)	860 900 ± 41 200 (CV = 4.8%)	928 400 ± 90 700 (CV = 9.8%)

**Tableau 4-3 : Nombre de déplacements effectués par jour selon le mode de transport**

<u>Déplacements par jour ± intervalle de confiance à 95%</u>	Déplacements effectués par jour selon le mode de transport				
	AC	AP	TC	Marche	Vélo
Lundi	4 031 000 ± 128 600 (CV = 6.1%)	1 113 000 ± 52 100 (CV = 9.8%)	1 003 800 ± 96 300 (CV = 18.3%)	997 300 ± 97 200 (CV = 18.6%)	110 000 ± 31 900 (CV = 55.4%)
Mardi	4 029 200 ± 106 800 (CV = 5.6%)	1 067 000 ± 37 000 (CV = 7.3%)	949 700 ± 56 600 (CV = 12.5%)	984 000 ± 72 000 (CV = 15.4%)	115 800 ± 32 100 (CV = 58.4%)
Mercredi	4 086 600 ± 83 700 (CV = 4.3%)	1 108 700 ± 52 600 (CV = 10.0%)	1 060 500 ± 62 300 (CV = 12.4%)	1 007 900 ± 76 900 (CV = 16.0%)	94 400 ± 26 500 (CV = 59.1%)
Jeudi	4 309 800 ± 107 200 (CV = 5.3%)	1 197 900 ± 54 100 (CV = 9.5%)	1 072 100 ± 64 600 (CV = 12.7%)	1 011 900 ± 65 500 (CV = 13.6%)	91 600 ± 29 800 (CV = 68.4%)
Vendredi	4 612 800 ± 163 800 (CV = 7.3%)	1 512 900 ± 54 5400 (CV = 7.3%)	1 072 400 ± 48 700 (CV = 9.3%)	886 400 ± 55 900 (CV = 12.9%)	112 900 ± 39 900 (CV = 72.1%)
Samedi	3 426 700 ± 284 200 (CV = 12.6%)	2 070 500 ± 207 200 (CV = 20.4%)	570 000 ± 88 300 (CV = 31.6%)	481 800 ± 64 600 (CV = 27.4%)	86 000 ± 35 500 (CV = 78.8%)
Dimanche	3 072 600 ± 189 900 (CV = 16.9%)	2 264 800 ± 184 400 (CV = 16.6%)	424 000 ± 67 700 (CV = 32.6%)	500 900 ± 53 400 (CV = 21.8%)	106 400 ± 31 800 (CV = 59.1%)

On remarque dans les tableaux précédents qu'il y a des différences notables entre les différentes journées de la semaine pour un indicateur. Il y a différences entre les jours de la semaine et ceux de la fin de semaine pour l'ensemble des indicateurs et il y en a aussi entre les différentes journées de la semaine.

La question qui reste cependant en suspens est : Est-ce que les différences observées dans les tableaux précédents sont significatives? Si la réponse est oui, cela suppose que les comportements de mobilités sont différents entre les journées de la semaine.

#### 4.3.3 Test de normalité

L'objectif de cette section est de déterminer si les différents échantillons provenant de l'agrégation de l'ensemble des journées de l'enquête en jour moyen ou en jour type de la semaine (lundi, mardi, etc.) suit une distribution paramétrée. Pour ce faire, il faut, au préalable, déterminer si les échantillons suivent une distribution normale. Le test de normalité de Shapiro-Wilk est utilisé selon un intervalle de confiance de 95%, c'est-à-dire qu'on accepte un risque de 5% de se tromper. Afin de rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  et ainsi rejeter la normalité de l'échantillon, il faut que la p-value du test soit inférieure à 5%. Malgré que le jour moyen de semaine ait été créé principalement pour la planification des transports collectifs, il est utilisé afin de caractériser l'ensemble des comportements de mobilité de la population. Puisque que l'utilisation du jour moyen suppose que les comportements de mobilité sont semblables pour chaque journée, chaque échantillon devrait suivre une distribution normale pour l'ensemble des indicateurs. Est-ce le cas réellement? Dans un premier temps, le Tableau 4-4 et le Tableau 4-5 présentent les p-value découlant du test de normalité des échantillons estimant le nombre de déplacements par jour selon plusieurs modes de transport et motifs d'activités.

**Tableau 4-4 : Résultat du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par jour selon le motif d'activité**

Test de normalité Shapiro-Wilk					
<u>p-value</u>	<u>Tous</u>	<u>Travail</u>	<u>Étude</u>	<u>Magasinage</u>	<u>Loisir</u>
Motif	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001

**Tableau 4-5 : Résultat du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par jour selon le mode de transport**

Test de normalité Shapiro-Wilk					
<u>p-value</u>	<u>AC</u>	<u>AP</u>	<u>TC</u>	<u>MARCHE</u>	<u>VÉLO</u>
Mode	0.0002	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000

<b>Mode PAM</b>	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	
<b>Mode PPM</b>	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	

L'échantillon ne prend en considération que les journées de semaine. Ces tableaux nous informent que les distributions de ces échantillons ne suivent pas une distribution normale donc que les sous-échantillons possèdent une certaine variabilité qui ne suit pas une loi normale.

Dans un deuxième temps, on peut se demander si chaque type de journée de semaine (lundi, mardi, etc.), pris séparément, suit une distribution normale. Les tableaux suivant présentent les résultats pour les tests de normalité.

**Tableau 4-6 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le motif d'activité**

Test de normalité Shapiro-Wilk					
Nombre de déplacements selon le motif d'activité					
<b><i>P value</i></b>	<b><i>Tous</i></b>	<b><i>Travail</i></b>	<b><i>Étude</i></b>	<b><i>Magasinage</i></b>	<b><i>Loisir</i></b>
Lundi	0.6407	0.7299	0.0381	0.0807	0.7201
Mardi	0.7885	0.9988	0.9308	0.0266	0.3515
Mercredi	0.6817	0.0431	0.0038	0.6999	0.8695
Jeudi	0.7208	0.0621	0.3504	0.0923	0.8855
Vendredi	0.8396	0.6422	0.1346	0.8641	0.1508
Samedi	0.0094	0.0004	0.0588	0.1566	0.0649
Dimanche	0.6605	0.1619	0.3550	0.8616	0.6334

**Tableau 4-7 : Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport**

Test de normalité Shapiro-Wilk					
Nombre de déplacements selon le mode de transport utilisé					
<b><i>P value</i></b>	<b><i>AC</i></b>	<b><i>AP</i></b>	<b><i>TC</i></b>	<b><i>MARCHE</i></b>	<b><i>VÉLO</i></b>
Lundi	0.0606	0.1349	0.4875	0.1376	0.3009
Mardi	0.2418	0.9360	0.6474	0.0522	0.4755
Mercredi	0.1581	0.4577	0.9579	0.4009	0.4151
Jeudi	0.9512	0.8793	0.0748	0.3259	0.3144
Vendredi	0.1467	0.0354	0.3345	0.1496	0.0108
Samedi	0.8055	0.1388	0.0437	0.7187	0.0092
Dimanche	0.4178	0.2415	0.9663	0.7138	0.4458



**Tableau 4-8: Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport en Pointe PM**

Test de normalité Shapiro-Wilk				
Nombre de déplacements selon le mode de transport en Pointe PM				
<u>P value</u>	<u>AC</u>	<u>AP</u>	<u>TC</u>	<u>MARCHE</u>
Lundi	0.3912	0.7983	0.4059	0.7080
Mardi	0.7782	0.1676	0.8423	0.1120
Mercredi	0.8611	0.9164	0.0678	0.2164
Jeudi	0.1574	0.9112	0.0530	0.7365
Vendredi	0.1999	0.6132	0.7771	0.3634
Samedi	0.0019	0.2226	0.2471	0.5871
Dimanche	0.5004	0.1795	0.7711	0.5667

**Tableau 4-9: Résultats du test de normalité pour des échantillons estimant le nombre de déplacements par type de jour selon le mode de transport en Pointe AM**

Test de normalité Shapiro-Wilk				
Nombre de déplacements selon le mode de transport en Pointe AM				
<u>P value</u>	<u>AC</u>	<u>AP</u>	<u>TC</u>	<u>MARCHE</u>
Lundi	0.7100	0.1172	0.5709	0.9468
Mardi	0.7988	0.5459	0.3916	0.8040
Mercredi	0.1593	0.1537	0.9405	0.2030
Jeudi	0.4047	0.7037	0.0115	0.8496
Vendredi	0.7429	0.9942	0.6670	0.1273
Samedi	0.0143	0.0018	0.0032	0.9230
Dimanche	0.2850	0.9065	0.0476	0.5695

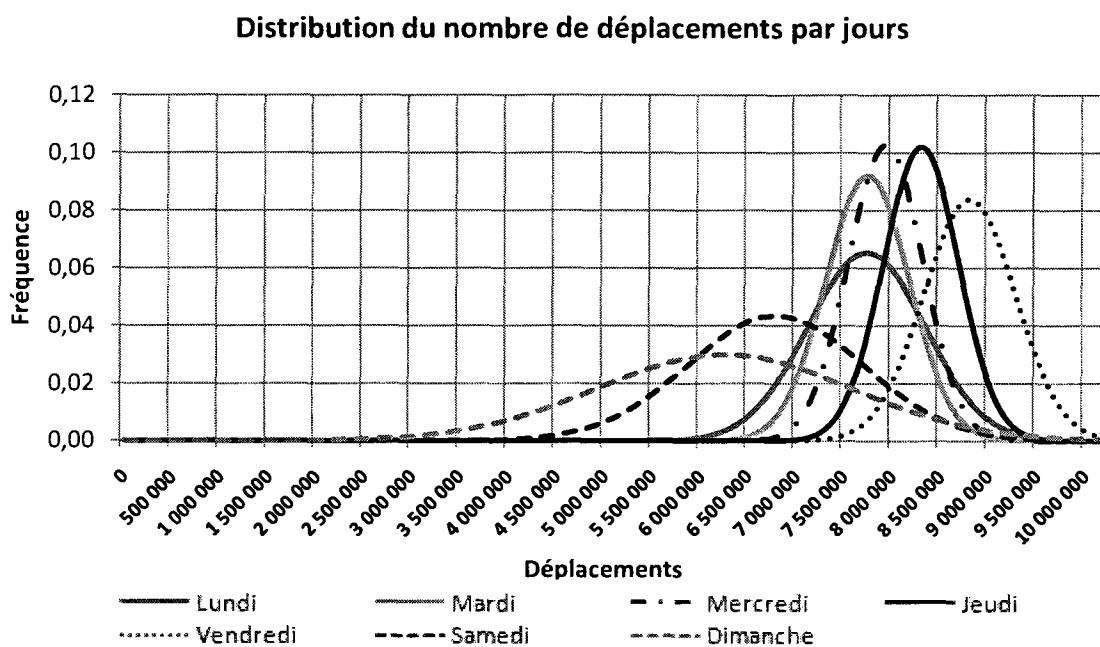
Dans la grande majorité des cas, les p-value sont au-delà de 5%. On ne peut donc rejeter l'hypothèse  $H_0$  qui suppose que les échantillons suivent une distribution normale. Ceci donne une bonne indication sur la variabilité des comportements à l'intérieur d'un même type de jour. Il sera donc possible de caractériser ces échantillons avec certains paramètres tels que la moyenne ou l'écart type et d'utiliser les caractéristiques de la loi normale.

#### 4.3.4 Courbe de distribution des indicateurs

Afin d'étudier la similarité des comportements de mobilités pendant les enquêtes, l'analyse de courbes de distribution selon plusieurs indicateurs peut s'avérer fort

intéressante. Comme le souligne la section 4.3.3, dans la majorité des cas, les comportements suivent une distribution normale. Cependant, il est difficile de juger la représentativité des similarités entre la distribution d'un indicateur pour un certain type de jour par rapport à un autre. Une courbe de distribution normale a été construite pour chacune des journées de la semaine et de la fin de semaine en fonction de la moyenne et de l'écart type des sous-échantillons. La fréquence illustre le nombre de journées, en pourcentage, qui se situent dans une certaine classe. Une courbe très étalée représente un indicateur qui varie beaucoup pendant l'enquête tandis qu'une courbe peu étalée représente un indicateur qui est plus stable pendant la durée de l'enquête. Les courbes représentent le nombre de déplacements effectués par jour selon différents motifs d'activités. Car ces résultats permettent de bien visualiser la variabilité des comportements.

La Figure 4-10 présente la courbe de distribution du nombre total de déplacements faits par jour. On remarque sur cette figure qu'il y a passablement de différences entre les journées de la semaine. Le lundi et le mardi sont assez semblables tandis que l'on observe un étalement des courbes pour mercredi, jeudi et vendredi. Il y a donc très peu de variations sur le nombre de déplacements effectués le lundi et le mardi pendant l'enquête. Cependant, pour les autres journées de la semaine, incluant la fin de semaine, les déplacements effectués par jour varient beaucoup pendant l'enquête. On peut penser, a priori, que les activités de magasinage et de loisir ont un effet important sur la variabilité qui est observée.



**Figure 4-10 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements effectués par jour (1998)**

Les prochaines figures présentent les courbes de fréquence pour les déplacements effectués par jour pour différents motifs d'activités, notamment le travail (Figure 4-11), le loisir (Figure 4-12) et le magasinage (Figure 4-13).

La Figure 4-11 et la Figure 4-12 représentant la distribution de fréquences des déplacements motif travail et loisir illustrent une certaine stabilité. En effet, pour chaque journée de la semaine, la distribution est généralement symétrique et peu étalée. Ceci signifie que ces activités sont récurrentes dans les cycles d'activités de la population. Par ailleurs, cela s'applique aussi aux activités travail effectuées pendant la fin de semaine.

### Distribution du nombre de déplacements motif Travail par jour

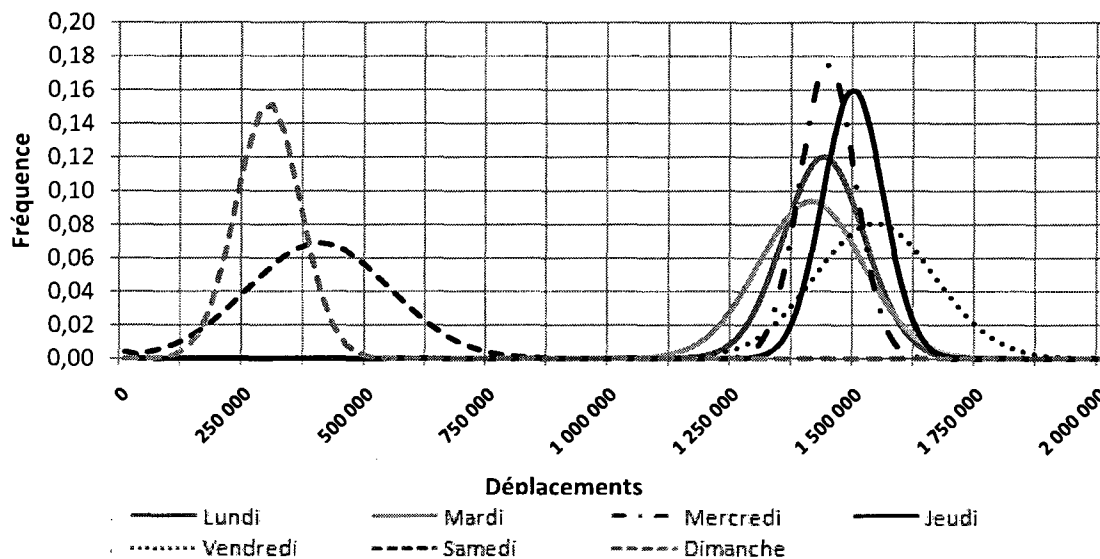


Figure 4-11 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif travail effectués par jour(1998)

### Distribution du nombre de déplacements motif Loisir par jour

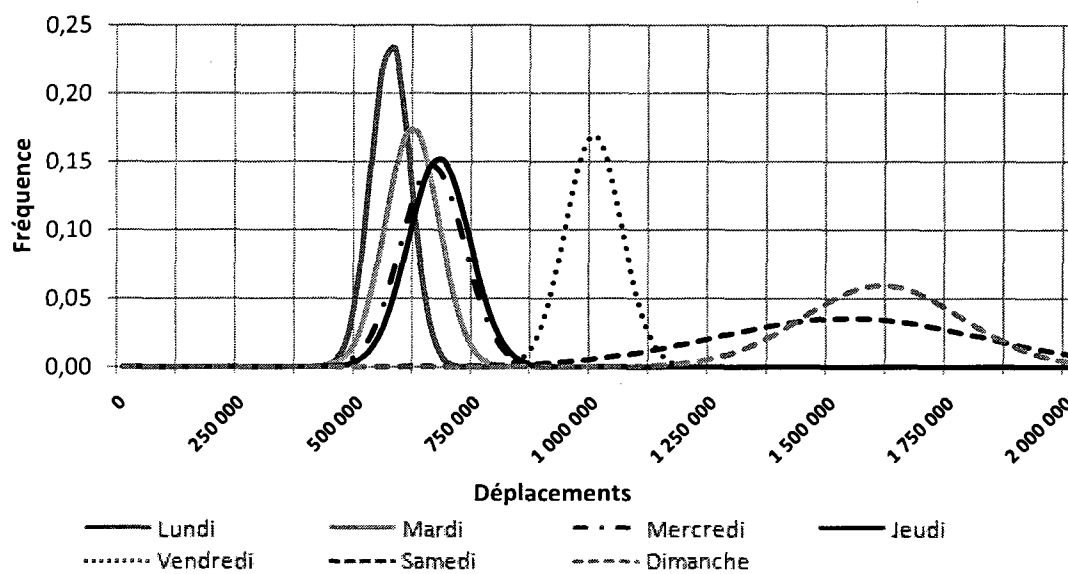
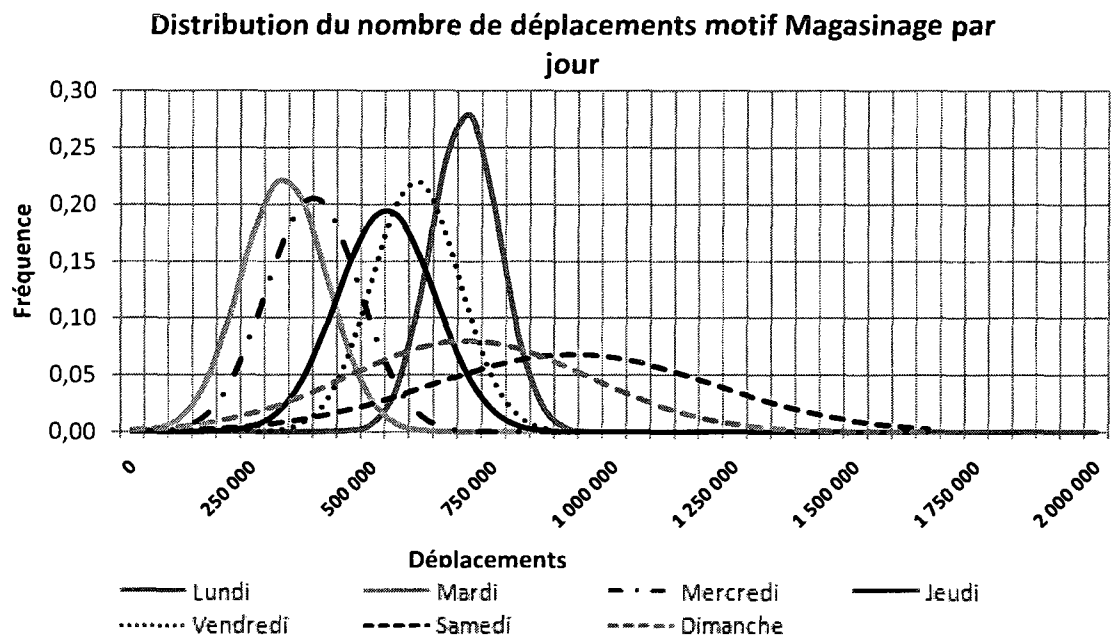


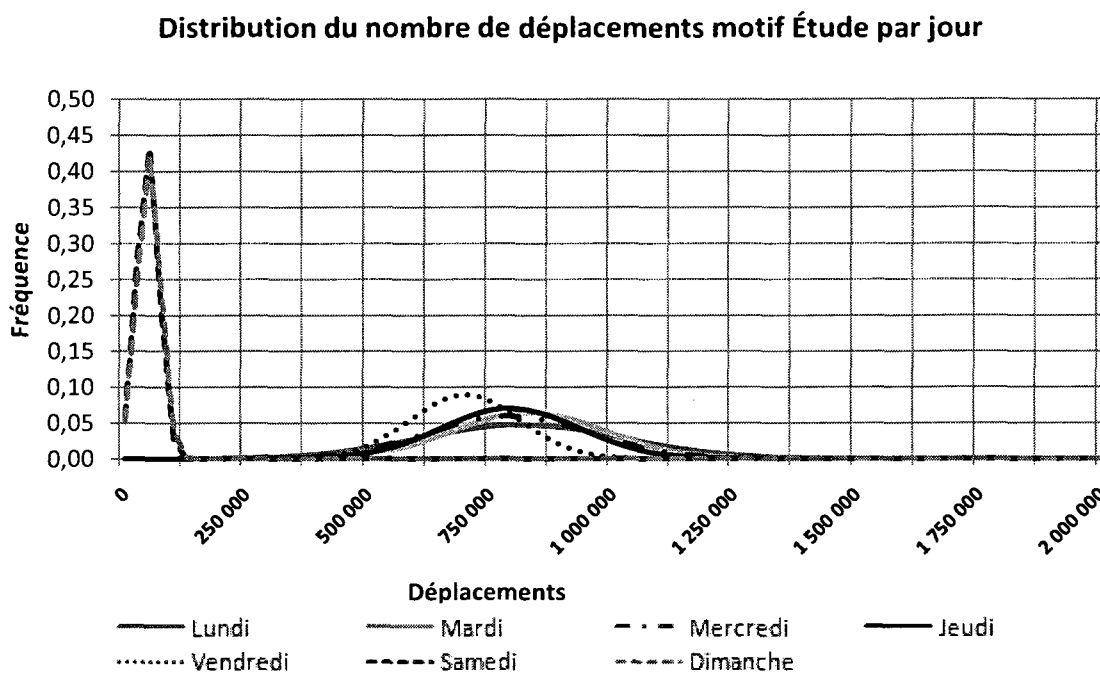
Figure 4-12 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif loisir effectués par jour(1998)

Cependant, pour ce qui est des activités de loisir, on remarque une plus grande variabilité sur le nombre de ces activités pour les journées de fin de semaine. Cela peut être expliqué par le fait que les activités de loisirs extérieures, effectués souvent pendant les jours de fin de semaine, sont intimement liées à la température extérieure. On remarque aussi que la journée du vendredi semble avoir un profil qui est assez différent de ceux des autres journées de la semaine.

La Figure 4-13 illustre bien la variabilité qui est observable pour les activités magasinage qui sont effectuées. On observe une certaine stabilité dans les comportements pour le lundi, mardi et mercredi. Cependant, pour les autres journées de la semaine, l'étalement des distributions montre qu'il y a beaucoup de changements dans les comportements au cours de l'enquête. Il semble aussi que les journées du mercredi, jeudi et vendredi possèdent une distribution sensiblement différente les unes des autres.



**Figure 4-13 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif magasinage effectués par jour(1998)**



**Figure 4-14 : Distribution de fréquence des journées de l'enquête OD selon le nombre total de déplacements motif étude effectués par jour (1998)**

La Figure 4-14 illustre bien les différences entre le nombre d'activités d'étude se déroulant pendant les jours de fin de semaine et de semaine. On remarque néanmoins que le vendredi semble être quelque peu différent des autres jours de la semaine. Les figures précédentes illustrent les distributions des différents indicateurs.

L'étude de la distribution du nombre de déplacements selon les différents motifs d'activités a permis de faire ressortir les différences des comportements de mobilité entre les différentes journées de la semaine. Cependant, selon le motif d'activité qui est observé, cette variabilité des comportements est plus ou moins grande. Il se peut donc que l'utilisation du jour moyen de semaine ne représente pas fidèlement les comportements observables à chaque journée de la semaine. Selon le type d'analyse qui est effectué, un regroupement des journées qui sont similaires, afin de créer une distribution de fréquence peu étalée et symétrique, pourrait être une bonne approche afin de mieux représenter certains comportements de la mobilité.

Les analyses présentées confirment l'intérêt de méthodes et façons originales d'utiliser les données des enquêtes Origine-Destination. En effet, il semble que l'utilisation des réseaux, des infrastructures de transports ainsi que des lieux d'activités varient selon le jour de la semaine, mais aussi selon la semaine et le mois. Ceci a nécessairement un impact sur les résultats d'analyse car ceux-ci s'appuient habituellement sur une demande moyenne représentant un jour typique de semaine. Les enquêtes OD montréalaises permettent donc d'évaluer et de représenter assez bien des phénomènes particuliers tels que les activités magasinage. Ceci semble confirmer l'intérêt de développer des méthodes et des outils permettant de développer ces nouvelles possibilités d'analyses.

La méthodologie proposée essaie de prendre en considération la variabilité comportementale pour des analyses plus spécifiques. De plus en plus, il faudra prendre conscience de l'effet des choix méthodologiques sur les analyses afin de mesurer des comportements de mobilité plus spécifiques. De plus, la pondération interactive des échantillons devrait être un élément de développement très important qui permettra l'utilisation plus efficace et cohérente des méthodes proposées.

#### **4.3.5 Quels indicateurs pour quelles analyses**

À la suite des analyses précédentes, il est évident que les comportements de mobilité de la population sont différents selon la journée de la semaine et de la fin de semaine et puis, qu'ils évoluent aussi dans le temps. Cependant, on remarque une grande variabilité pour certains indicateurs de mobilité, mais aussi une certaine stabilité pour d'autres.

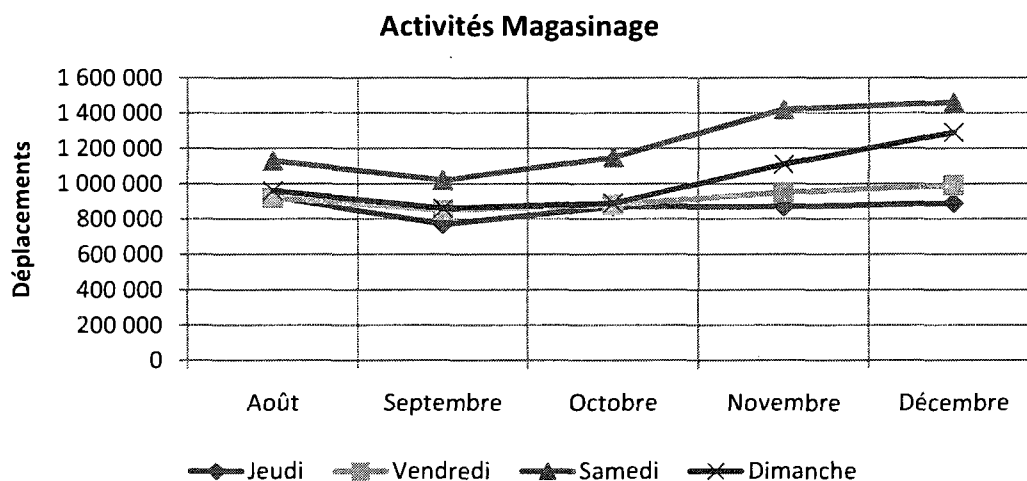
Les analyses précédentes ont illustré la capacité des enquêtes OD à révéler la variabilité des comportements en utilisant les données de façon originale. On peut maintenant se demander si ces enquêtes permettent d'observer certains phénomènes vécus par la population montréalaise comme la hausse des déplacements motif magasinage à l'approche de Noël. Le Tableau 4-10 et le Tableau 4-11 présentent la hausse des déplacements de magasinage effectués en moyenne par jour pour chaque mois de l'automne 1998.

	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Août	925 000	920 000	1 130 000	960 000
Septembre	770 000	850 000	1 020 000	860 000
Octobre	870 000	880 000	1 150 000	890 000
Novembre	870 000	950 000	1 420 000	1 110 000
Décembre	890 000	990 000	1 460 000	1 290 000

**Tableau 4-10 : Évolution du nombre de déplacements motif magasinage effectués pendant l'automne 1998.**

	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Août	-	-	-	-
Septembre	-17.7%	-7.3%	-10.0%	-10.4%
Octobre	13.1%	4.1%	12.8%	3.0%
Novembre	1.0%	8.5%	23.7%	25.1%
Décembre	1.7%	3.4%	3.3%	15.9%

**Tableau 4-11 : Hausse du nombre de déplacements motif magasinage effectués en moyenne par jour par rapport au mois précédent.**



**Figure 4-15 : Suivi des activités Magasinage du jeudi au dimanche pendant l'automne 1998**



Il est à noter que l'échantillon pour le mois d'août se limite à une ou deux journées et qu'elles se situent juste avant le début de l'année scolaire. Les résultats sont probablement influencés par le magasinage des fournitures scolaires. On remarque qu'il y a une augmentation continue des activités magasinage à l'approche de Noël. Les plus grosses augmentations se situent entre le mois d'octobre et le mois de novembre pour les journées de fin de semaine. La journée la plus achalandée dans les magasins est le samedi. L'enquête OD permet donc d'observer assez précisément l'évolution des activités magasinages pendant l'automne.

L'analyse de ces activités pourrait demander la création de trois journées type qui regrouperaient lundi, mardi, mercredi dans un groupe, jeudi, vendredi dans un autre et samedi, dimanche dans le dernier. Si l'objectif est d'obtenir les comportements usuels pour une semaine d'automne, il se peut que la semaine qui précède la période des fêtes ne doive pas être prise en considération. Si l'on veut observer l'effet de la période des fêtes sur la mobilité, l'étude devrait porter principalement sur les mois de novembre et de décembre. Il est à noter qu'en fonction du type d'analyse qui est désiré et des indicateurs à estimer, il faut adapter la méthode de création de l'échantillon afin de rendre cohérent le processus.

#### **4.4 Synthèse**

Les objectifs de ce chapitre sont d'explorer une méthodologie d'analyse qui permettrait de faire ressortir la variabilité des comportements de mobilité selon une certaine période. En effet, cette expérimentation permettrait d'obtenir de sous-échantillons indépendants, un pour chaque journée enquêtée. Les graphiques présentées illustrent bien qu'il y a une évolution des comportements de mobilité durant la période. Cette variabilité est présente pendant la durée de l'enquête mais, aussi à l'intérieur d'une semaine. L'utilisation du jour moyen de semaine a probablement un effet sur les indicateurs qui varient pendant l'enquête. Cependant, il est difficile de déterminer si cet impact est significatif.

Par ailleurs, les résultats de cette expérimentation soulèvent quelques questions qui devront être approfondies.

- Le niveau de segmentation des données qui est tolérable en regard de la taille minimale de l'échantillon et pour une analyse spécifique ainsi que la quantité de données qui est nécessaire afin d'assurer la validité des résultats.
- L'effet de la pondération et de l'expansion des échantillons sur les résultats d'analyse.
- La nécessité de pondérer de façon individuelle chaque sous-échantillon. (l'impact de l'hypothèse que la pondération initiale permet de réduire les biais de l'échantillon)
- Les critères permettant de déterminer ce qui peut être considéré comme un échantillon cohérent de données.
- Les circonstances pour lesquelles un ensemble de données devrait être exclu de l'échantillon d'analyse (première semaine de l'enquête, dernière semaine de l'enquête) en fonction de l'analyse.

#### **4.4.1 Perspectives**

Les enquêtes OD étant une source très imposante d'informations sur les déplacements, d'autres potentialités d'analyses pourraient aussi être explorées. Une méthodologie statistique semblable permettrait de déterminer l'effet de la localisation spatiale pour diverses analyses. Il serait aussi intéressant d'utiliser ces méthodes dans les enquêtes en continu afin de déterminer les types d'analyses qui peuvent être construites à partir des données disponibles. En effet, étant donnée la taille de l'échantillon qui est disponible pour une enquête en continu, l'effet de la variabilité longitudinale par rapport au mois, à la semaine et aux journées est un aspect majeur. En plus, dans le cadre d'une enquête en mode continu, la détermination d'une période d'analyse est un aspect crucial.

Par exemple, si on désire estimer des indicateurs pour la période du printemps, il faut déterminer la période d'éligibilité qu'il faut prendre en considération. Il faut être capable de répondre à la question suivante : quand est-ce que le printemps se termine et que l'été commence au niveau de la mobilité ? Il se peut que pour certains indicateurs,

le changement de comportement des individus s'effectue à certain moment, différent que pour un autre indicateur. Pour répondre à ces différentes interrogations, il est important de développer des outils et des méthodes qui vont permettre d'obtenir un raisonnement cohérent.

Dans le cas de cette expérience, il est à noter que l'enquête a été désagrégée au niveau de la journée du déplacement. Rien n'empêche d'appliquer cette méthodologie à un niveau de décomposition plus ou moins élevé tel que la semaine, le mois, la saison ou l'année. Dans le cadre d'une enquête OD conventionnelle, l'étude des saisons est moins intéressante. Cependant, dans le cas d'une enquête réalisée en continu qui permet d'obtenir de l'information sur plusieurs années, mois ou semaines, cette approche devient beaucoup plus intéressante car il devient possible de suivre l'évolution des comportements de mobilité durant ces périodes. La Figure 4-16 illustre la schématisation de ce qui pourrait être la méthode utilisée afin de créer des échantillons pour ces périodes.

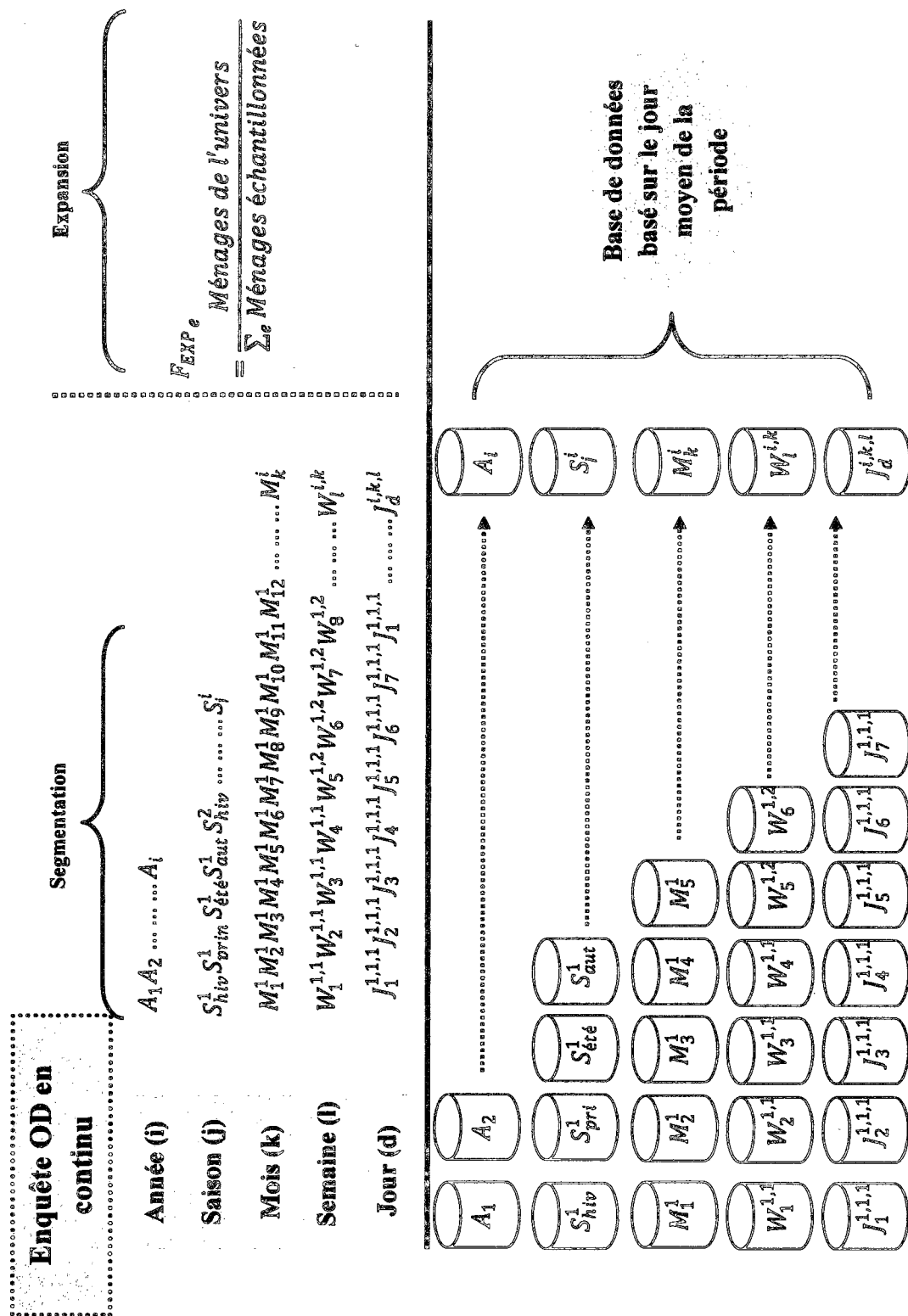


Figure 4-16 : Méthodologie générale de décomposition et d'expansion des sous-échantillons provenant d'une enquête OD

La section 4.3.5 permet aussi d'envisager que pour un comportement spécifique, il existe plusieurs jours type pouvant représenter la semaine de déplacements. Il faut cependant développer une méthode afin de pouvoir reconnaître les comportements similaires pour ensuite les agréger. Le Chapitre 5 va expérimenter quelques méthodes afin de repérer et agréger des périodes où les comportements de mobilité sont similaires.

## **CHAPITRE 5 : RECHERCHE DE SIMILARITÉS DANS LES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ**

Les chapitres précédents ont permis de déterminer qu'il existe une certaine variabilité dans les comportements de mobilité de la population. En plus, il semble que les enquêtes OD montréalaises puissent illustrer cette variabilité. Le jour moyen a l'avantage d'être simple d'utilisation et de s'appliquer à beaucoup d'analyses, principalement en TC. Cependant, ce concept de jour moyen pourrait être étendu sur plusieurs jours moyens, ce qui permettrait de pouvoir prendre en considération la variabilité observée dans les habitudes de déplacements de la population lors d'analyses. Ce fractionnement de la semaine typique de déplacements de magasinage permettrait une analyse de ces déplacements sous trois angles différents représentant mieux les comportements observés de la population.

Avec les figures présentées au chapitre 4, il est possible de reconnaître des comportements de mobilité qui semblent similaires ou différents selon les semaines ou selon les jours. Cependant, il est difficile de déterminer si deux indicateurs peuvent être significativement différents, selon une méthodologie qui nous assure une certaine cohérence dans l'interprétation des résultats.

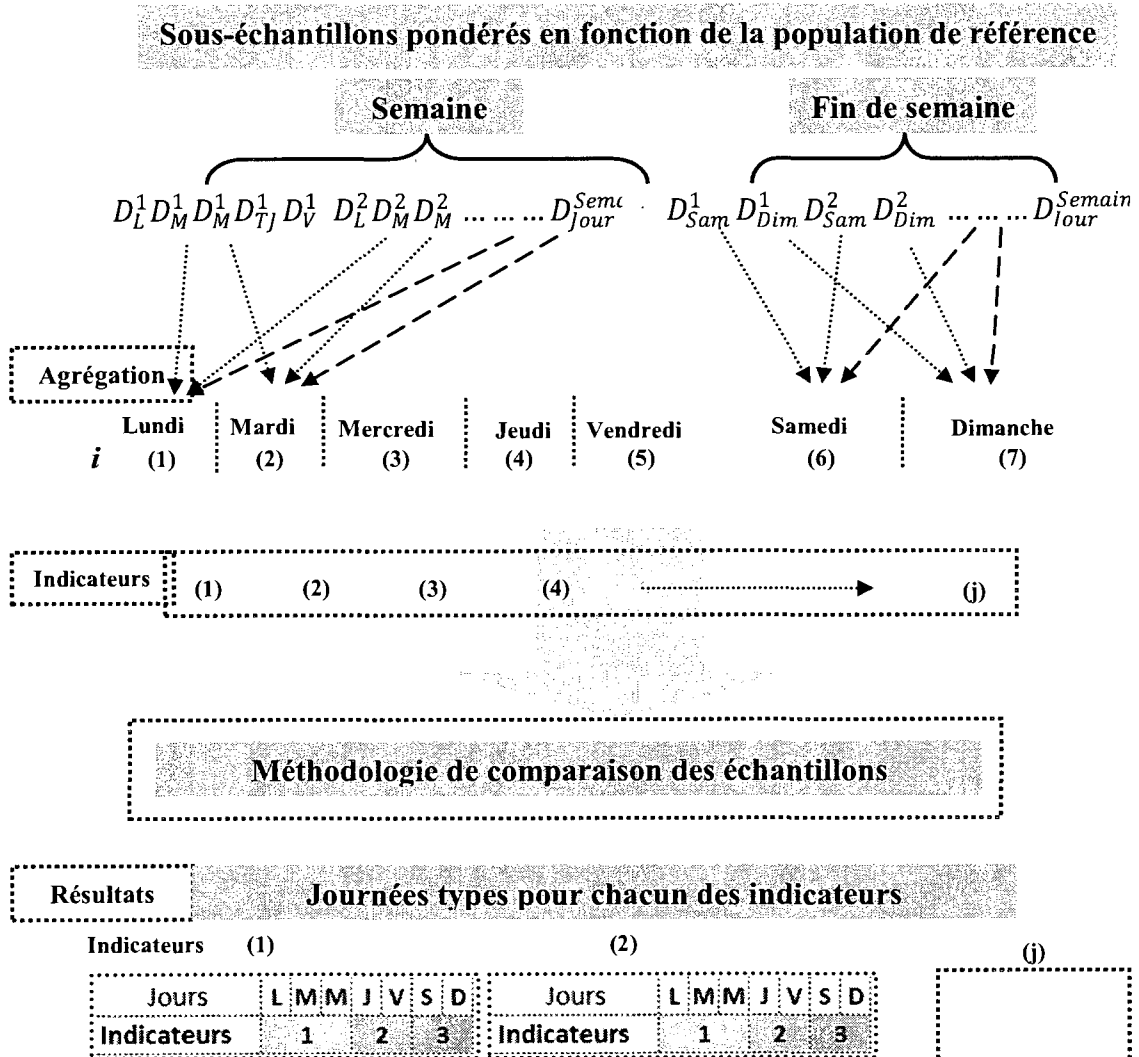
### **5.1 Objectif**

Ce chapitre vise donc à expérimenter et évaluer des méthodes permettant de reconnaître des journées ayant des comportements similaires selon différents indicateurs. Effectivement, les chapitres précédents présentent le potentiel des enquêtes OD de Montréal d'illustrer les variations journalières des comportements de mobilité. Cependant, il faut évaluer le développement d'une méthodologie apte à quantifier les différences et les similitudes entre différents indicateurs, en se basant sur une démarche scientifique. Il vise aussi à documenter l'impact des différentes méthodes afin d'espérer répondre aux divers questionnements soulevés à la section 1.1. L'objectif principal est

de pouvoir déterminer, selon quelques indicateurs, quelle serait la meilleure façon de représenter les comportements observés des individus en prenant en considération la similarité de ces indicateurs lors des différents jours de la semaine.

## **5.2 Méthodologie**

La méthodologie générale utilisée dans ce chapitre se base sur celle présentée au chapitre 4. Chaque sous-échantillon pondéré représente chaque journée de l'enquête. À partir de ces échantillons, il est possible de créer un jour type pour chaque journée de la semaine en effectuant, pour un indicateur particulier, la moyenne pour chaque type de jour. On obtient sept jours type représentant les habitudes de déplacements de la population pendant l'automne. Par la suite, il faut établir une méthode de comparaison et de validation afin de déterminer si deux journées peuvent être considérées semblables pour un indicateur donné. La Figure 5-1 présente le schéma de la méthodologie utilisée.



**Figure 5-1 : Construction de jours typiques d'une semaine de déplacements pour plusieurs indicateurs de mobilité (agrégation, comparaison, validation et fusion)**

L'objectif est d'obtenir, à la fin de ce processus, plusieurs jours moyens, pour un indicateur, qui pourront être utilisés ultérieurement dans différentes analyses. Néanmoins, une repondération des enregistrements devra être effectuée en fonction des jours moyens qui sont spécifiés avant que les différents échantillons puissent être utilisés. La difficulté réside à l'identification d'une méthode permettant de comparer deux échantillons et de quantifier leurs différences. Par la suite, il faut fixer une limite



selon laquelle deux échantillons seront considérés semblables ou non. Dans les prochaines sections, deux méthodes seront utilisées afin de comparer les échantillons. La première est une méthode statistique basée sur des tests d'égalité de moyenne entre deux échantillons tandis que la deuxième se base sur une méthode de regroupement (méthode HAC).

### 5.3 Méthode statistique

La première méthode qui est utilisée afin de comparer des échantillons est basée sur des tests d'hypothèses. Ce test permet de vérifier si la moyenne de deux échantillons est égale selon un certain niveau de confiance. Les hypothèses statistiques sont les suivantes :

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Le niveau de confiance utilisé est de 95%. Ce test utilise la loi de Student (t) et suppose que la variance des deux échantillons est inconnue mais égale ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ). La section 3.3.3 présente les équations utilisées afin de calculer la statistique nécessaire pour effectuer le test. Pour un indicateur particulier, on obtient donc sept échantillons représentant chaque journée de la semaine. La moyenne de l'indicateur pour chaque journée peut être comparée aux autres afin de déterminer si l'hypothèse  $H_0$  peut être acceptée. Il y a donc 21 tests qui sont effectués.

**Tableau 5-1 : Énumération des tests de comparaison des moyennes effectués pour une semaine complète de déplacements.**

t-student	L	M	M	J	V	S	S
L							
M	1						
M	2	7					
J	3	8	12				
V	4	9	13	16			
S	5	10	14	17	19		
D	6	11	15	18	20	21	

Afin que l'hypothèse  $H_0$ , mentionnée ci-haut, ne puisse être rejetée, il faut que la statistique  $t_0$  soit inférieure au coefficient de la loi théorique de Student pour un niveau de risque de 5% et un certain degré de liberté dépendant de la taille des échantillons. Les résultats obtenus sont un ensemble de tests spécifiant si les moyennes de deux échantillons peuvent être considérées égales.

### **5.3.1 Interprétation des résultats**

Le résultat que l'on obtient est l'association à un groupe de chaque journée de la semaine en fonction d'un indicateur. Les indicateurs qui ont été utilisés sont les mêmes que ceux de la section 4.3, à savoir, le nombre de déplacements effectués par jour selon le motif d'activité et le mode de transport. Si la statistique indique que l'hypothèse  $H_0$  ne peut être rejetée, les moyennes sont donc égales et les deux journées peuvent être considérées semblables. Les résultats obtenus devraient coïncider avec les analyses effectuées à la section 4.3.

Le Tableau 5-2 présente la synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en fonction du nombre de déplacements effectués liés aux différents motifs d'activités. Premièrement, on remarque que le nombre de jours moyens qui est défini en fonction du motif d'activité se situe entre 3 et 5 selon le motif. À l'aide d'une analyse classique que l'on effectue avec l'enquête OD, on se limite habituellement à deux jours moyens, soit un de semaine et un de fin de semaine.

**Tableau 5-2: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du motif d'activité**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Motif d'activité	Travail		1		2		3	4
	Étude		1		2		3	
	Loisir	1	2	3	4		5	
	Magasinage		1		2		3	4
	Tous		1		2	3		4
Légende		1	2	3	4	5	6	7

En général, ces résultats semblent coïncider avec les comportements observés. Par exemple, pour ce qui est des activités ayant pour motif l'étude, 3 jours types sont définis, le vendredi étant considéré différent des autres jours de la semaine. Effectivement, la plupart des horaires des universités et des collèges offrent moins de cours le vendredi. Une étude de la durée des activités permettrait de valider différentes hypothèses explicatives.

Pour ce qui est des déplacements ayant pour motif le magasinage, 4 jours types sont définis, deux pour la semaine et deux pour la fin de semaine. Qu'est-ce qui peut expliquer que les comportements de magasinage en début de semaine soit différents de ceux du jeudi et du vendredi ? En fait, on peut penser que le prolongement des heures d'ouvertures des magasins le jeudi et le vendredi ont un effet sur le nombre de déplacements effectués. Les résultats sont semblables pour les activités travail, le jeudi et le vendredi étant différents des autres journées de la semaine. La définition de ces jours types nous indique qu'il existe bien des différences dans les comportements de mobilité selon la journée de la semaine et que l'utilisation d'un seul jour moyen n'est

pas nécessairement la meilleure façon de représenter les comportements de mobilité des individus.

Est-ce que la définition des jours types de déplacements peut s'appliquer de façon aussi cohérente avec d'autres indicateurs ? Pour répondre à cette question, le Tableau 5-3 présente les résultats en fonction du nombre de déplacements effectués par jour selon les principaux modes de transport.

**Tableau 5-3 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Vélo	1						
	Marche	1				2	3	
	AC	1			2	3	4	
	AP	1			2	3	4	
	TC	1	2		1		3	4

Premièrement, on remarque que le nombre de jours moyens qui est défini en fonction du motif d'activité se situe entre 1 et 4 comparativement à deux habituellement. En se basant sur le nombre de déplacements, les comportements des utilisateurs du vélo seraient semblables sur toutes les journées de la semaine. Cependant, comme la Figure 4-4 l'illustre, la variabilité hebdomadaire pendant l'enquête sur le nombre de déplacements effectués à vélo est assez importante étant donné que l'utilisation de ce mode est liée à la température. Ceci pourrait affecter l'écart type de cet indicateur et fausser légèrement les résultats. On remarque principalement que le jeudi et le vendredi sont différents des autres jours de la semaine. Il est à noter que les activités se déroulant en soirée sont plus nombreuses pour ces jours de semaine et que les indicateurs ont été

estimés pour une période de 24 heures. L'étude des mêmes indicateurs en période de pointe AM et PM pourrait permettre de valider les différents éléments soulevés précédemment, à savoir l'impact des déplacements effectués en période hors-pointe sur la différence des comportements entre deux journées. Le Tableau 5-4 et le Tableau 5-5 présentent la définition des différents jours types en fonction de la période de la journée.

**Tableau 5-4 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe AM**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche	1				2	3	
	AC		1				2	3
	AP		1				2	
	TC		1				2	

**Tableau 5-5: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe PM**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche	1					2	
	AC		1			2	3	
	AP		1		2	3	4	5
	TC		1				2	

Premièrement, on remarque que les comportements en fonction du mode de transport semblent uniformes, principalement en pointe AM. Effectivement, en pointe AM, seul

le mode marche comporte plus qu'une journée type de semaine. Ceci peut s'expliquer par le fait que les chaînes d'activités sont plus longues le vendredi, donc moins adaptées à la marche. Les autres modes sont définis par une seule journée type de semaine et de fin de semaine, identique à la base d'analyse qui est généralement utilisée. En pointe PM, les résultats sont quelque peu différents. Le vendredi est considéré différent des autres journées de la semaine, principalement pour les modes auto-conducteur et auto-passager. Ceci semble cohérent avec le vécu typique des voyageurs car la pointe du vendredi après-midi semble différente de celle observée lors des autres journées de la semaine. Il est à noter qu'en période de pointe, la variabilité des indicateurs entre les jours de la semaine semble moins importante.

### **5.3.2 Synthèse**

Il y a effectivement des différences pendant la semaine pour les comportements de mobilité. Ces différences semblent beaucoup plus notables sur 24 heures que pendant les périodes de pointe. Effectivement, le nombre de déplacements en période de pointe est quelque peu limité par les différents réseaux à chaque journée tandis que les cycles d'activités sur 24 heures ne sont pas nécessairement les mêmes selon la journée des déplacements. Donc, l'utilisation du jour moyen de semaine pour le calcul d'indicateurs en pointe, AM ou PM, devrait avoir un effet beaucoup plus négligeable sur l'estimation que sur 24 heures. Afin de valider le tout, il faut cependant étudier d'autres types d'indicateurs afin de comparer leurs valeurs.

## **5.4 Méthode de regroupement**

L'utilisation des tests paramétriques exige que les distributions des indicateurs suivent une loi normale. Il est intéressant de tester d'autres méthodes qui permettraient de valider ou de réfuter les résultats obtenus. La méthode utilisée dans cette section se base sur les méthodes de regroupement afin de déterminer si plusieurs échantillons sont suffisamment similaires pour être regroupés. La méthode utilisée est la HAC (classification ascendante hiérarchique). Une description plus détaillée a été présentée dans la section 3.3.5. Le résultat de cette méthode est l'attribution de chaque élément à

un groupe. Le nombre de groupes ainsi que le nombre d'éléments y appartenant sont calculés automatiquement en se basant sur un calcul de distance (indicateur de différence entre valeurs) entre les différents échantillons ou entités déjà groupés. Les étapes sont les suivantes :

1. Calcul des distances entre chacun des échantillons (21 calculs effectués) ;
2. Construction de groupes en fonction des distances calculées ;
3. Calcul de la moyenne des nouveaux groupes formés ;
4. Calcul des distances entre chacun des groupes créés précédemment ;
5. Retour à 2 jusqu'au moment où il ne reste qu'un seul groupe ;
6. Choix du nombre de groupes optimal en fonction des distances calculées.

Cette méthode permet donc d'associer une journée à un groupe semblable selon un indicateur particulier. L'avantage de cette méthode par rapport à d'autres est qu'il n'est pas nécessaire de déterminer, a priori le nombre de groupes que l'on désire. La méthode crée itérativement différentes agrégations et le modélisateur choisit la classification la plus pertinente.

#### **5.4.1 Interprétation des résultats**

L'utilisation de la méthode de regroupement afin de définir des jours types ayant des comportements similaires donne des résultats qui s'apparentent en forme à ceux présentés à la section 5.3.1. Les mêmes indicateurs de mobilité sont utilisés. Le Tableau 5-6 présente la synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en fonction du nombre de déplacements effectués selon les différents motifs d'activités. On remarque que le nombre de jours moyens qui est défini en fonction du motif d'activité se situe entre 3 et 4. Principalement, la méthode définit le vendredi comme étant différent des autres journées de la semaine. Les résultats sont assez semblables à ce qui avait été estimé précédemment sauf pour les activités loisirs où la semaine d'activités peut être représentée par seulement 3 jours types au lieu de 5.

**Tableau 5-6: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du motif d'activité**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Motif d'activité	Travail		1			2	3	
	Étude		1			2	3	
	Loisir		1			2	3	
	Magasinage		1		2		3	4
	Tous		1		2		3	
Légende		1	2	3	4	5	6	7

La définition des jours types en fonction du mode de transport donne aussi des résultats semblables. On remarque que le nombre de jours moyens qui est défini en fonction du mode de transport se situe entre 3 et 4.

**Tableau 5-7: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Vélo		1				2	3
	Marche		1			2	3	
	AC		1		2		3	
	AP		1			2	3	
	TC	1	2		1		3	4



Pour le nombre de déplacements effectués en transport en commun, on remarque que la journée du mardi est considérée différente des autres de la semaine. Cela est conforme avec les résultats obtenus à la section précédente. Il est difficile d'expliquer les raisons pour lesquelles cette journée est considérée différente. La moyenne étant inférieure aux autres, il se peut que ces différences proviennent de la méthode de création des sous-échantillons ou de la composition particulière de l'échantillon relatif à cette journée (dispersion spatiale, nombre de mardis échantillonnés, démographie).

Le Tableau 5-8 et le Tableau 5-9 présentent la définition des différents jours types en fonction de la période de la journée. En comparant avec la section précédente, on remarque que le nombre de jours types défini tend à être supérieur, ce nombre variant entre 3 et 4.

**Tableau 5-8: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe AM**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche		1			2	3	
	AC			1			2	3
	AP	1		2	1		3	4
	TC	1		2		1	3	

**Tableau 5-9: Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction du mode de transport en pointe PM**

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche		1			2	3	4
	AC		1			2	3	
	AP		1			2	3	4
	TC	1	2		1		3	4

En pointe PM, les résultats sont quelque peu différents. Le vendredi est considéré différent des autres journées de la semaine, principalement pour les modes Auto-conducteur, Auto-passager et Marche. Ceci semble cohérent avec ce qui a été estimé précédemment. En pointe AM, les résultats semblent différents de ceux de la section précédente. En effet, la journée du vendredi est considéré semblable aux autres dans la majorité des cas et les jours types définis pour le mode Auto-passager semblent être assez différents. Les journées du samedi et du dimanche sont considérées différentes dans selon la majorité des indicateurs.

#### 5.4.2 Synthèse

Il semble que les résultats sur la définition de jours moyens sur ces différents indicateurs indiquent que les comportements de mobilités sont différents selon les jours de la semaine. Quoique les résultats soient quelques peu différents de ceux obtenus avec la méthode précédente, il semble que la méthode HAC donne des résultats cohérents. Les pointes AM et PM semblent avoir des comportements assez similaires, sauf pour le vendredi où les comportements sont différents.

## 5.5 Comparaison des résultats

En étudiant les deux méthodes utilisées aux sections 5.3 et 5.4, on remarque que le nombre de jours types défini par chacune des deux méthodes reste cohérent avec ce que l'on observe réellement. Cependant, lorsqu'il y a des différences, il est difficile de trancher laquelle des deux méthodes est la plus cohérente et la plus fiable. Dans cette section, la méthode HAC a été utilisée principalement afin de valider les résultats obtenus avec les tests d'hypothèses statistiques. Cependant, il ne faut pas la discréditer pour autant. Elle a l'avantage de s'appliquer nonobstant le type de distribution des éléments, normal ou non, et la taille des échantillons. Cependant, la méthode de calcul ne prend pas en considération l'incertitude statistique qui est lié à l'estimation des indicateurs de chaque échantillon. En outre, la méthode statistique a l'avantage de se baser sur la moyenne de l'échantillon et sur l'écart type. Elle prend donc en considération l'incertitude sur les estimations lors des tests de comparaison. Cependant, dans le cas où la variabilité hebdomadaire est très importante pour la période d'enquête, comme dans le cas des déplacements effectués à vélo, la méthode par regroupement peut donner une estimation plus cohérente. Dans ce cas, la méthode de regroupement définit 3 jours moyens, un pour la semaine et deux pour la fin de semaine tandis qu'avec l'autre méthode, seul un jour type est défini.

En comparant le nombre de jours types définis à l'aide de chaque méthode, on remarque que le nombre de jours moyens semble être généralement supérieur selon la méthode statistique pour des indicateurs calculé sur 24 heures. Pour les déplacements en pointe AM et PM, cette tendance s'inverse et le nombre de jours types définis par la méthode de regroupement tend à être supérieur.

Qu'est-ce qui peut bien expliquer ce phénomène ? Quoique pour les pointes, la variabilité des indicateurs semble plus uniforme, les coefficients de variation sont souvent supérieurs à ceux estimés sur 24 heures. Dans ces cas, les tests statistiques peuvent faire ressortir moins facilement les différences entre les moyennes des

indicateurs de chaque journée. Les tests statistiques apportent donc une précision quelque peu inférieure à la méthode de regroupement.

**Tableau 5-10 : Comparaison entre le nombre de jours moyens estimés selon la méthode statistique et la méthode de regroupement**

Nombre de jours moyens estimés par indicateur		Méthode statistique	Méthode de regroupement
Activité	Tous	4	3
	Travail	4	3
	Etude	3	3
	Magasinage	4	3
	Loisir	5	4
Mode	Vélo	1	3
	Marche	3	3
	AC	4	3
	AP	4	3
	TC	4	4
Mode PAM	Marche	2	3
	AC	3	3
	AP	2	4
	TC	2	3
Mode PPM	Marche	2	4
	AC	3	3
	AP	5	4
	TC	2	4

## 5.6 Perspective

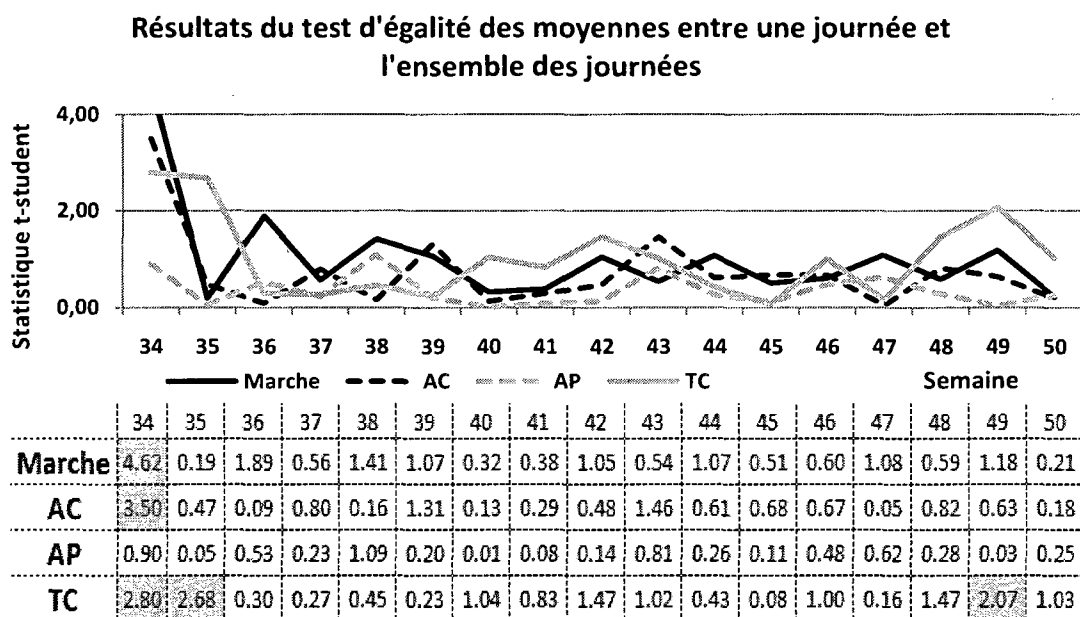
La méthodologie présentée dans ce chapitre donne des résultats intéressants. Il s'avère que ces méthodes permettent de différencier des jours ayant des comportements de mobilité différents ou similaires. On peut se demander si elle peut s'appliquer de façon similaire pour d'autres problématiques. Par exemple, est-ce qu'il serait possible de faire ressortir les périodes pour lesquelles les comportements de mobilité sont tellement différents qu'il faudrait les exclure des analyses ?

Par exemple, la Figure 4-5 illustre que le nombre de déplacements effectués lors de la première semaine d'enquête était très différent de celui des autres semaines. En fait, si on s'intéresse aux comportements moyens d'automne, il se peut que cette semaine ne

doit pas être retenue. Le même principe peut s'appliquer aux activités magasinage. Est-ce que les comportements de magasinage de décembre sont des comportements typiques d'automne ? Si l'objectif est d'étudier les déplacements pour motif étude, est-ce qu'il faut considérer la semaine de relâche ? Voilà nombre de questions auquel il est difficile de répondre. Tout d'abord, avant de statuer sur ces aspects, il faut être capable de les reconnaître.

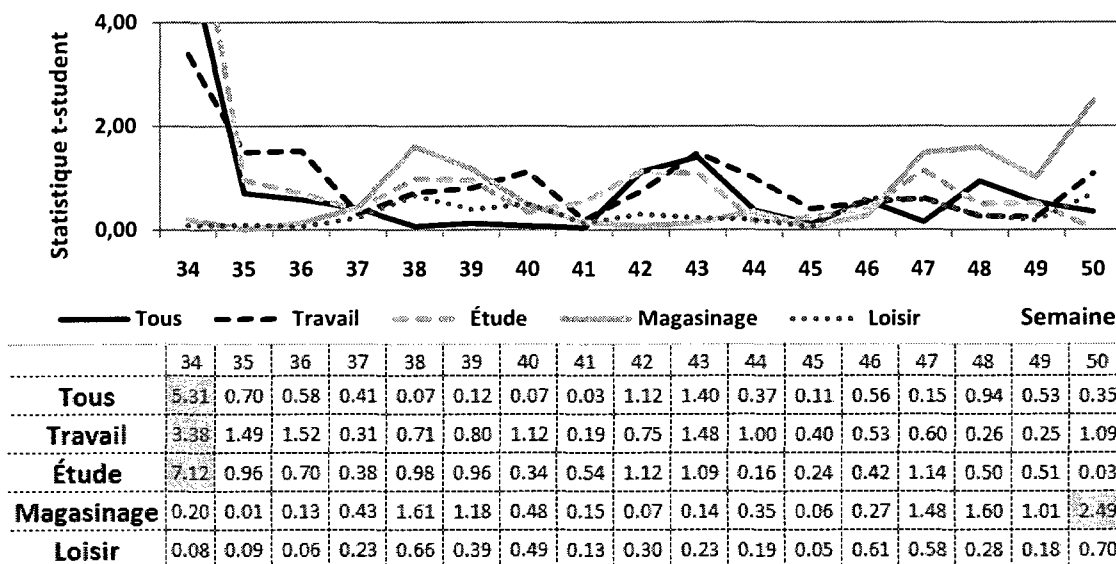
Pour ce faire, il est possible de comparer le nombre de déplacements effectués en moyenne par semaine selon le mode de transport ou le motif d'activité par rapport à l'ensemble des semaines enquêtées. Des tests d'hypothèses par rapport à la moyenne générale peuvent donner une indication sur la pertinence d'intégrer ou non une semaine dans l'échantillon.

La Figure 5-2 et la Figure 5-3 illustrent les résultats des tests d'hypothèses selon un niveau de confiance de 95% pour le nombre de déplacements effectués selon le mode de transport et le motif d'activité.



**Figure 5-2 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête par rapport à la moyenne générale du nombre de déplacements selon le mode de transport**

### Résultats du test d'égalité des moyennes entre une journée et l'ensemble des journées



**Figure 5-3 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la moyenne générale, du nombre de déplacements selon le motif d'activité**

À la suite de ces calculs, il est possible de se questionner sur la prise en considération de la première semaine et aussi de la dernière pour certains indicateurs. En effet, il semble que les moyennes hebdomadaires de ces indicateurs soient assez différentes des comportements moyens d'automne. Essentiellement, la semaine 34 ne devrait pas être considérée pour l'analyse des activités travail et étude et pour celles des modes marche, auto-conducteur et transport en commun. Pour l'analyse des activités magasinage, c'est plutôt la semaine 50 qui ne devrait pas être incluse.

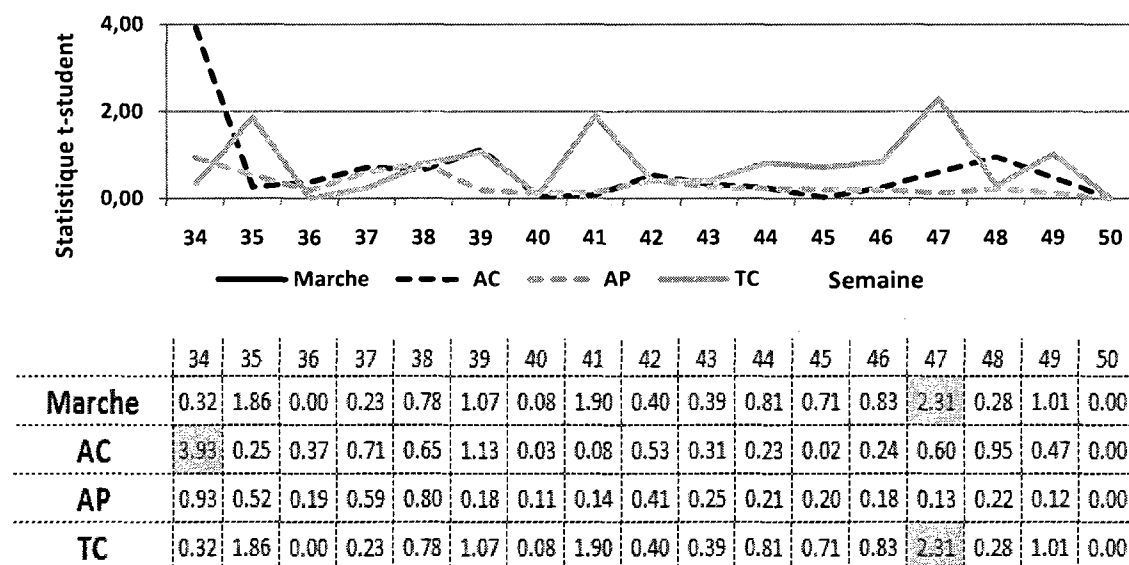
Les tests d'hypothèses sur la différence des moyennes étant effectué par rapport à la moyenne générale, en enlevant un ou plusieurs éléments, la moyenne générale est automatiquement affectée. Ceci pourrait amener l'exclusion de nouveaux éléments. L'algorithme suivant peut donc être utilisé.

1. Calculer la moyenne regroupant l'ensemble des semaines ;
2. Effectuer des tests d'hypothèses sur la différence des moyennes entre chaque semaine et la moyenne globale de l'enquête ;

3. Dans les cas où l'hypothèse  $H_0$  est rejetée qui suppose que les moyennes sont égales, ces semaines sont retirées de l'analyse ;
4. Tant qu'au moins un échantillon est retiré de l'analyse, il faut recommencer à l'étape 1.

Dans la perspective d'une enquête en continu, les réponses aux questions préalablement posées prennent toutes leur importance. Par exemple, si on s'intéresse à l'étude des comportements du printemps, il faut déterminer sur quelle période on observe ces comportements. L'objectif est donc d'essayer de déterminer à quel moment il y a un changement de comportement radical dans la mobilité des individus. Pour ce faire, il est possible d'adapter la méthodologie présentée dans ce chapitre afin d'essayer de donner des indications sur l'éligibilité d'une journée dans un échantillon. En effectuant la comparaison d'une semaine avec celle qui suit, on détermine si deux semaines qui se suivent peuvent être considérées similaires ou différentes.

**Résultats du test d'égalité des moyennes entre une semaine et celle qui suit**



**Figure 5-4 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la semaine qui suit, du nombre de déplacements selon le mode de transport**

### Résultats du test d'égalité des moyennes entre une journée et celle qui suit

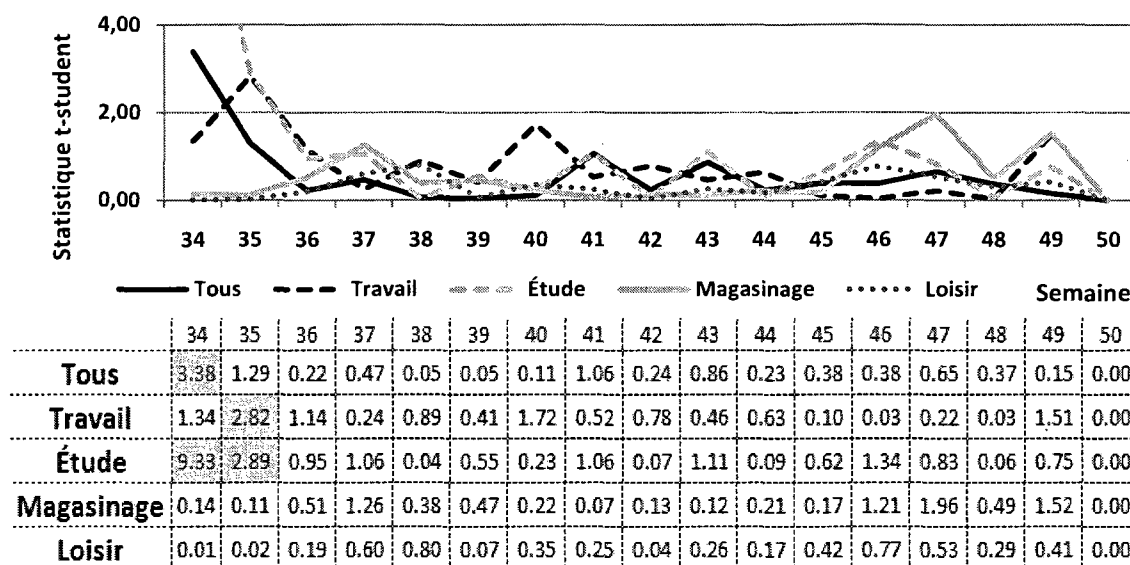


Figure 5-5 : Résultats des tests d'égalité des moyennes de chaque semaine de l'enquête, par rapport à la semaine qui suit, du nombre de déplacements selon le motif d'activité

Les figures précédentes indiquent qu'il y a un changement dans les comportements après les semaines 34 et 35. Cependant, les figures précédentes n'illustrent pas de changements importants dans les comportements de mobilité des individus pendant l'enquête. Il est donc difficile de statuer sur la capacité de la méthode précédente à déceler des changements majeurs dans les comportements de la population sans avoir effectué des tests supplémentaires à l'aide de données d'enquête en continu par exemple.

## 5.7 Synthèse

Il est à noter que le choix de l'indicateur a certainement une influence sur le nombre et la disparité des jours types construits. Par exemple, en utilisant les parts modales au lieu du nombre de déplacements dans la méthode, les résultats peuvent être différents. Avant l'utilisation de ces jours types, il est nécessaire de déterminer si cette segmentation est aussi cohérente avec d'autres indicateurs liés à la même analyse. Il faut aussi essayer de connaître l'effet d'utiliser une telle segmentation sur les autres calculs. Il serait aussi intéressant de comparer les résultats qui ont été obtenus à l'aide de l'enquête OD de



1998 avec celle de 2003. Des différences ou des ressemblances notables entre les deux enquêtes permettraient de critiquer ou de valider l'ensemble de la méthodologie.

La méthode se basant sur des tests statistiques reste à privilégier car elle considère l'incertitude qui est liée à l'estimation des indicateurs. Cependant, lorsque la variabilité hebdomadaire est grande, ce qui correspond à un coefficient de variation élevé, la méthode de regroupement pourrait donner des résultats plus fiables.

Ce chapitre donne une indication sur la capacité de l'enquête OD à pouvoir représenter fidèlement les comportements de mobilité de la population. C'est-à-dire qu'il démontre que pour certaines analyses spécifiques, l'étude sous plusieurs jours types permettrait de mieux représenter une semaine typique de mobilité.

## CHAPITRE 6 : VÉRIFICATION DE LA MÉTHODOLOGIE

Les méthodes utilisées dans le Chapitre 4 et le Chapitre 5 se basent sur l'hypothèse que chaque journée, lors de l'enquête OD de 1998, a été échantillonnée de la même façon. En effet, les facteurs d'expansion qui ont été appliqués à chaque sous-échantillon s'appliquaient sur les facteurs de pondération déjà existants, facteurs qui corrigeaient les différents biais présents dans l'échantillon, le cas échéant. Malgré le fait que théoriquement, ce soit ce qui est visé, ce n'est pas exactement le cas en pratique. Plusieurs éléments peuvent avoir un impact sur l'uniformité de l'échantillonnage.

- Le taux de refus variable en fonction du secteur de domicile ;
- Le taux de refus selon la journée enquêtée ;
- Les effets de la température (beau temps et mauvais temps) ;
- Des problèmes techniques liés au centre d'appel ;
- Le manque d'effectif chronique pour l'ensemble de la semaine ou pour une période spécifique (vendredi soir) ;
- La baisse de la motivation des interviewers ;
- Les langues parlées par les répondants et par les interviewers.

Habituellement, l'impact des aspects précédents sont quelque peu corrigés à l'aide du processus de pondération et d'ajustement. Cependant, il est difficile d'appliquer une correction qui va prendre en considération l'ensemble des problèmes soulevés. Les résultats des analyses précédentes étant liés à l'uniformité de l'échantillonnage, il est important d'étudier un peu plus en détails cet aspect.

### 6.1 Objectifs

Afin de valider les résultats obtenus précédemment, une vérification de l'échantillonnage et des biais sociodémographiques et spatiaux est nécessaire afin de déterminer si ces éléments sont répartis uniformément pour chacune des journées de

l'échantillon. L'objectif de cette section est premièrement d'expliquer comment se déroule l'échantillonnage lors d'une enquête OD. Ensuite, il sera question de vérifier les hypothèses précédentes en essayant de valider la méthodologie utilisée et les résultats obtenus. Cette section vise aussi à démontrer l'importance de l'échantillonnage dans une enquête OD et particulièrement dans une enquête OD continu.

## **6.2 Échantillonnage**

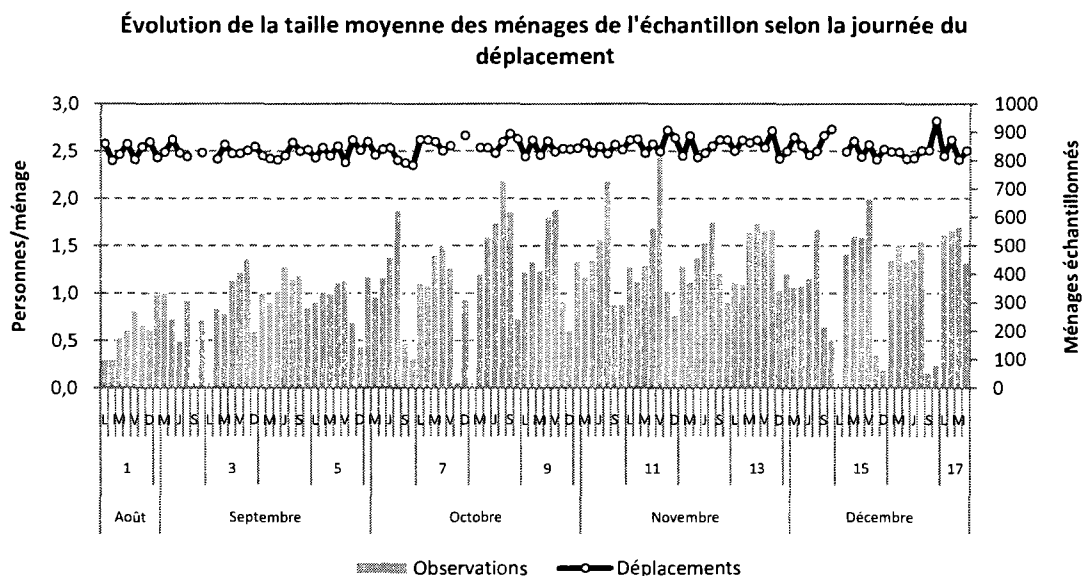
Premièrement, afin de comprendre l'influence que l'échantillonnage peut avoir sur les résultats, la compréhension de la place de cet élément dans le processus de réalisation d'une enquête OD est primordiale. L'échantillon provient de bases de données d'annuaires téléphoniques de la GRM. Une partie de la population n'est pas comprise dans ces annuaires, celle relative aux cellulaires et aux numéros confidentiels qui représente une fraction de plus en plus grande. Ces numéros englobent des numéros valides tels que des numéros résidentiels se situant dans le territoire, et des numéros non-valides représentant des numéros commerciaux, des boîtes vocales, des numéros hors-territoires ou des fax. À chaque numéro est associé un secteur de recensement ou un secteur de subdivision du recensement provenant des découpages utilisés par Statistiques Canada. Par la suite, un tirage aléatoire stratifié par secteur est effectué afin de produire une banque de numéros de téléphone à appeler pour chaque secteur. Après avoir été mélangés, les numéros de téléphones sont envoyés les uns après les autres aux interviewers. Le contrôle de la progression des objectifs est effectué en augmentant ou en diminuant le nombre de numéros de téléphones d'un secteur dans le prochain ajout de numéros.

Pour l'enquête OD de 2008, l'avènement d'un automate d'appel, permettant d'appeler plusieurs numéros de téléphone à la fois pour un même intervieweur, a modifié la façon dont la gestion de l'échantillon a été effectuée. En effet, le contrôle de la gestion appartenait au fournisseur. Le choix de la prochaine strate à appeler se basait sur un calcul probabiliste, chaque strate étant pondérée en fonction du nombre d'interviews restant à faire par rapport à l'objectif visé.

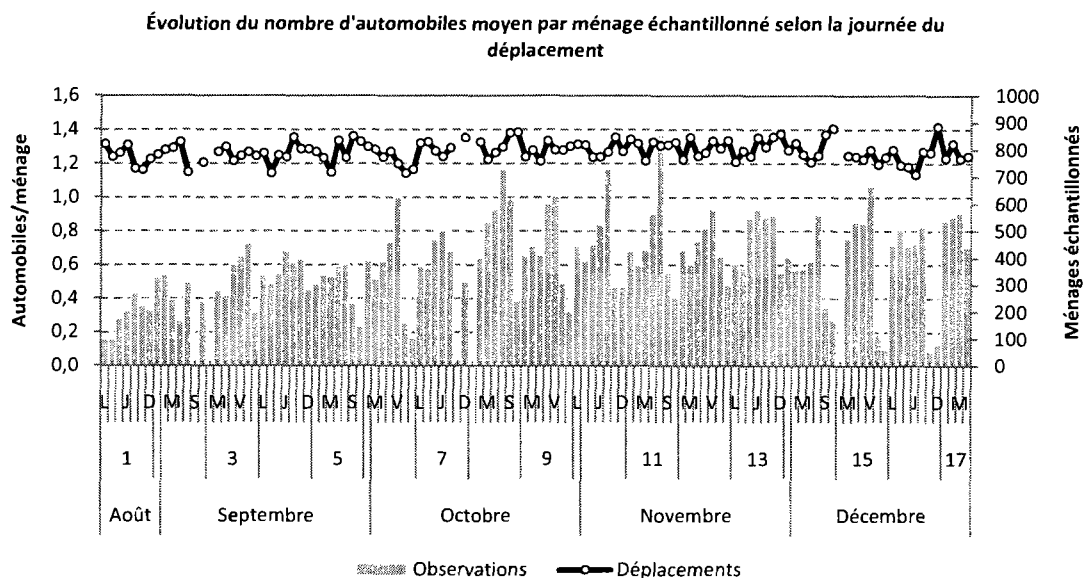
Le contrôle de la progression des objectifs est donc très important car cet aspect peut avoir d'énormes impacts sur l'uniformité spatio-temporelle. Un suivi journalier est donc nécessaire afin d'éviter d'avoir l'obligation d'effectuer du rattrapage à la fin de l'enquête. Dans un contexte d'enquête OD en mode continu où la période d'analyse varie selon l'objectif, c'est-à-dire que le nombre de journées d'observations varient en fonction de ce que l'on désire mesurer, l'uniformisation de l'échantillonnage pour chaque journée enquêtée peut avoir un effet non négligeable à cause de la taille de l'échantillon qui est petite. Cet aspect va permettre d'obtenir des résultats plus représentatifs statistiquement.

### 6.2.1 Vérification de la méthodologie et outils statistiques

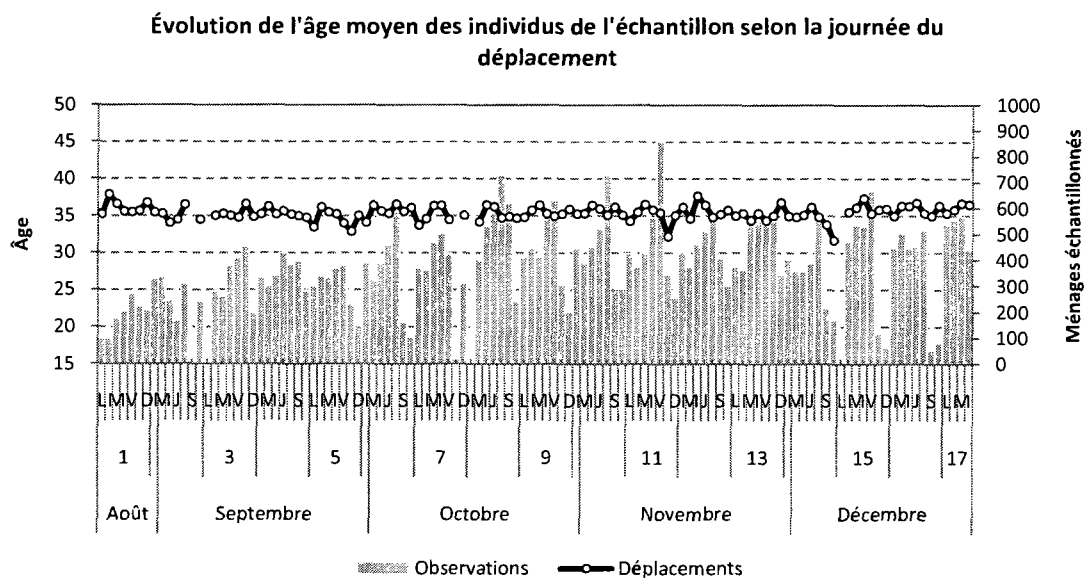
La méthodologie utilisée se base sur l'hypothèse que chaque journée de l'échantillon est semblable. En réalité, les échantillons de chaque journée ne sont pas nécessairement uniformes, ce qui a nécessairement un impact sur les différents résultats obtenus. Les figures suivantes présentent quelques indicateurs généraux qui permettent de comparer pour chaque journée la distribution de l'échantillon (taille moyenne des ménages, âge moyen des individus et distance moyenne au centre-ville).



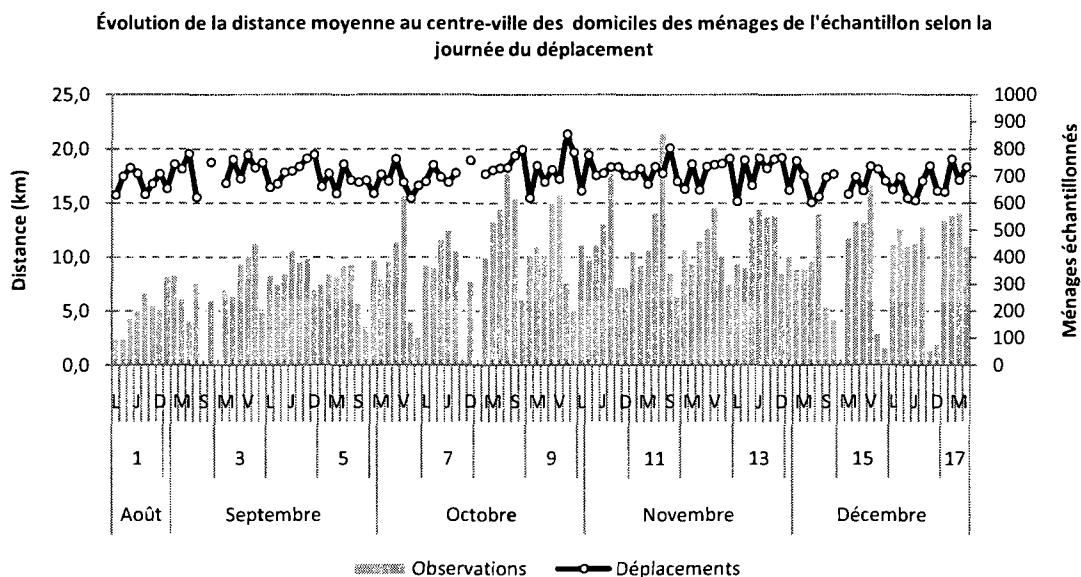
**Figure 6-1 : Taille moyenne des ménages échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne = 2.5, écart type = 0.1, CV = 2.9 %)**



**Figure 6-2 : Nombre d'automobile moyen par ménage échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne = 1.2, écart type = 0.1, CV = 4.4 %)**



**Figure 6-3 : Âge moyen des personnes échantillonnées selon la journée du déplacement (moyenne = 36.2, écart type = 1.0, CV = 2.8%)**



**Figure 6-4 : Distance moyenne au centre-ville des domiciles des ménages échantillonnés selon la journée du déplacement (moyenne = 17.5 km, écart type = 1.8 km, CV = 10.4%)**

On observe une certaine variabilité pour l'âge moyen des personnes et la taille moyenne des ménages pour toute la durée de l'enquête. L'âge moyen est de 36.2 ans (écart type de 1.0 ans), la taille moyenne des ménages est de 2.5 personnes (écart type de 0.1 personnes) tandis que la moyenne de la distance au centre-ville des domiciles est de 17.5 km (écart type de 1.8 km). Étant donné la taille de l'échantillon qui est recueillie à chaque jour, l'effet aléatoire ne peut, à lui seul, expliquer cette variabilité. Est-ce que les différences sont significatives entre les jours ? En effet, la Figure 6-4 illustre que la distance moyenne au centre-ville des domiciles varie de façon un peu plus importante pour certaines journées. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en cours d'enquête, il y ait des ajustements afin d'assurer que les quotas, initialement prévus pour les strates, soient rencontrés. Pour effectuer des analyses plus approfondies et spécifiques, il pourrait s'avérer nécessaire de retirer certains jours d'observation qui présentent des échantillons jugés différents et non comparables aux autres.

Afin de valider que l'échantillonnage est uniforme pour chaque journée de l'enquête, il est possible d'appliquer la méthodologie qui a été développée au chapitre précédent aux

variables sociodémographiques de contrôle. En premier lieu, le Tableau 6-1 présente les résultats du test de normalité sur l'ensemble des journées enquêtées.

**Tableau 6-1 : Test de normalité de Shapiro-Wilk pour des variables sociodémographiques**

Test de normalité Shapiro-Wilk				
<u>p-value</u>	<u>Taille des ménages</u>	<u>Automobiles par ménage</u>	<u>Âge moyen</u>	<u>Distance au centre-ville</u>
Indicateurs	0,1254	0,6236	0,1107	0,3210

Les résultats du test de normalité sur chaque variable de contrôle indiquent que les différents échantillons suivent une distribution normale. Il est donc possible de paramétrer ces échantillons par leur moyenne et leur écart-type pour ensuite utiliser des tests statistiques de type paramétrique. Normalement, si l'échantillonnage a été uniforme pour chaque journée de l'enquête, les différentes journées de la semaine devraient être considérées comme semblables. Il ne devrait donc y avoir un seul jour moyen caractérisant ces variables. La Figure 6-5 présente les résultats pour les différentes variables suivantes : l'âge moyen, le nombre de personne par logis, le nombre de véhicules par logis et la distance moyenne entre le domicile et le centre-ville.

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Indicateurs	Âge	1						
	Pers/logi	1						
	Auto/logi		1		2		1	
	Dist Domi_CV	1			2			

**Figure 6-5 : Synthèse de l'agrégation des journées de la semaine en plusieurs jours types en fonction de différentes variables sociodémographiques**

La figure précédente montre que chaque journée est considérée semblable pour les variables âge moyen et personnes par logis. Cependant, pour le nombre d'automobile par ménage et la distance du domicile par rapport au centre-ville, une journée est définie

comme étant différente des autres. Il se peut que ces différences soient dues à un échantillonnage très différent sur quelques journées de l'enquête et que ces journées affectent de façon importante les jours types en question. En effet, un sur-échantillonnage ou un sous-échantillonnage de certains secteurs sur quelques journées peuvent avoir un impact non négligeable sur les résultats. Il est nécessaire d'effectuer un processus semblable avec d'autres variables de contrôle afin de valider les différences obtenues précédemment. Il est aussi possible de comparer les résultats obtenus à partir de la méthodologie avec ceux qui sont fournis par l'enquête OD de 1998. Le Tableau 6-2 présente ces résultats.

**Tableau 6-2 : Validation de la méthode de redressement utilisée selon des variables sociodémographiques**

<u>Indicateurs</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Écart type</u>	<u>Coefficient de variation</u>	<u>Intervalle de confiance</u>	<u>Moyenne enquête OD 1998</u>
<u>Taille des ménages</u>	2,51	0,1	2,9%	0,02	2,52
<u>Automobiles par ménage</u>	1,19	0,05	4,4%	0,01	1,18
<u>Âge moyen</u>	36,2	1,0	2,8%	0,2	36,2
<u>Distance au centre-ville</u>	16,2	1,1	7,1%	0,3	15,3

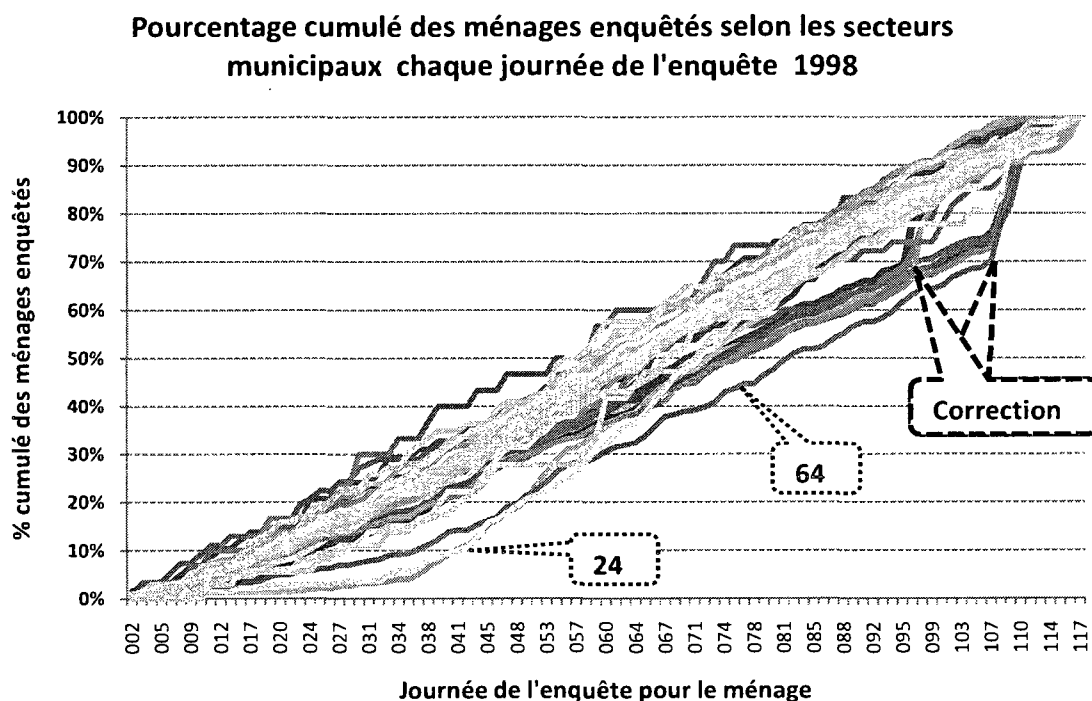
L'ensemble des indicateurs estimés à partir de l'enquête OD de 1998 avec les facteurs de pondération initiaux se situent à l'intérieur de l'intervalle de confiance de la moyenne recomposée. Le tableau précédent nous indique donc que l'échantillonnage est relativement uniforme pour l'ensemble des journées de l'enquête.

### 6.2.2 Vérification de l'uniformité spatiale de l'échantillonnage

Les figures précédentes illustrent bien comment les caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon varient pendant l'enquête. En général, l'échantillon est relativement uniforme sur l'ensemble de l'enquête. Cependant, on remarque que la distance moyenne du domicile par rapport au centre-ville varie selon une amplitude plus importante que les autres indicateurs (Figure 6-4). Le coefficient de



variation est le plus élevé à 10.4%. Il semble donc que la dispersion sur le territoire des ménages échantillonnés varie selon chaque journée échantillonnée. C'est-à-dire que certain secteurs ont un taux d'échantillonnage non-uniforme pendant l'enquête. La Figure 6-6 illustre l'évolution du taux d'échantillonnage pendant l'enquête OD de 1998.



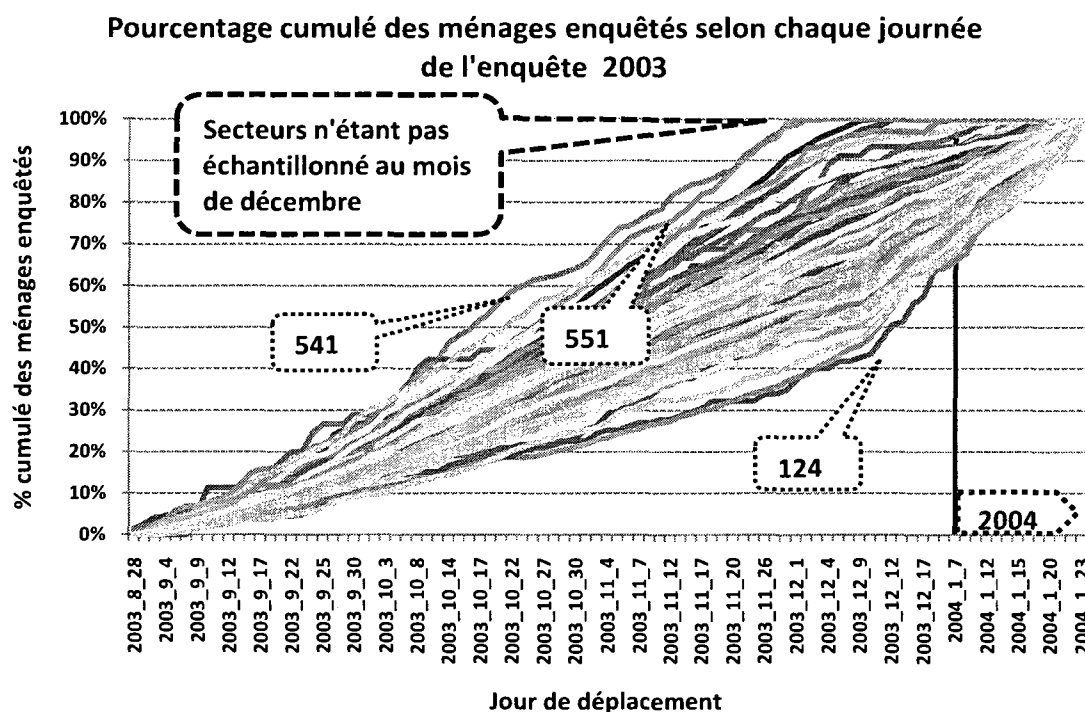
**Figure 6-6 : Évolution du taux d'échantillonnage lors de l'enquête OD de 1998 pour l'ensemble des secteurs municipaux**

La figure précédente illustre bien les différences entre les taux d'échantillonnage de certains secteurs. Une majorité des secteurs a un taux d'échantillonnage uniforme pour chaque journée tandis que d'autres comme les secteurs 24 (Côte Saint-Luc) et 64 (Bellefeuille, Saint-Colomban) en ont un qui varie beaucoup plus. Il y a aussi des corrections, c'est-à-dire des augmentations très rapides, pour certains secteurs vers la fin de l'enquête s'étalant sur 2 ou 3 jours. Ces corrections sont probablement dues à un retard cumulé dans les objectifs de ménages échantillonnés pour certains secteurs. Ce retard a été corrigé en augmentant la probabilité que ces secteurs soient enquêtés pendant ces journées.

À la suite de ces observations, il y a lieu de se questionner sur l'impact d'un taux d'échantillonnage non-uniforme sur les données d'enquête OD. Par exemple, pour le secteur de Bellefeuille-Saint-Colomban, le nombre de ménages enquêtés au mois de septembre et d'octobre représente 33.9% du total pour ce secteur tandis que la moyenne pour l'ensemble des secteurs en date du 31 octobre est de 50.4%. Le jour moyen, pour ce secteur, est constitué par des journées provenant à 66.1% des mois de novembre et de décembre. Des résultats d'analyse provenant des enquêtes OD peuvent être quelque peu biaisés si les comportements de mobilité ne sont pas uniformes pour l'ensemble de la période enquêtée.

Les secteurs qui ont subi une correction ont un risque supplémentaire de mal représenter les comportements moyens des individus. En effet, si pour les journées où les corrections ont lieu, des événements (tempête de neige, panne de métro, écoles fermées) viennent modifier ponctuellement les comportements de mobilité des individus, l'influence que ces éléments vont avoir sur les comportements moyens, sera plus importante. Effectivement, pour les secteurs concernés, ces corrections représentent entre 10 et 20% de l'échantillon final. Ces corrections, quoique nécessaires, devraient être étalées sur une période de temps assez longue afin de diminuer leurs impacts.

Cependant, lorsqu'on prend en considération l'ensemble des secteurs, on remarque que le taux d'échantillonnage était uniforme pour la majorité d'entre eux en négligeant les corrections. Il est possible de comparer ces résultats avec ceux de l'enquête de 2003. Il est intéressant de savoir si l'enquête OD de 2003 s'est déroulée de façon semblable à celle de 1998. La Figure 6-7 illustre l'évolution du taux d'échantillonnage pendant l'enquête OD de 2003.



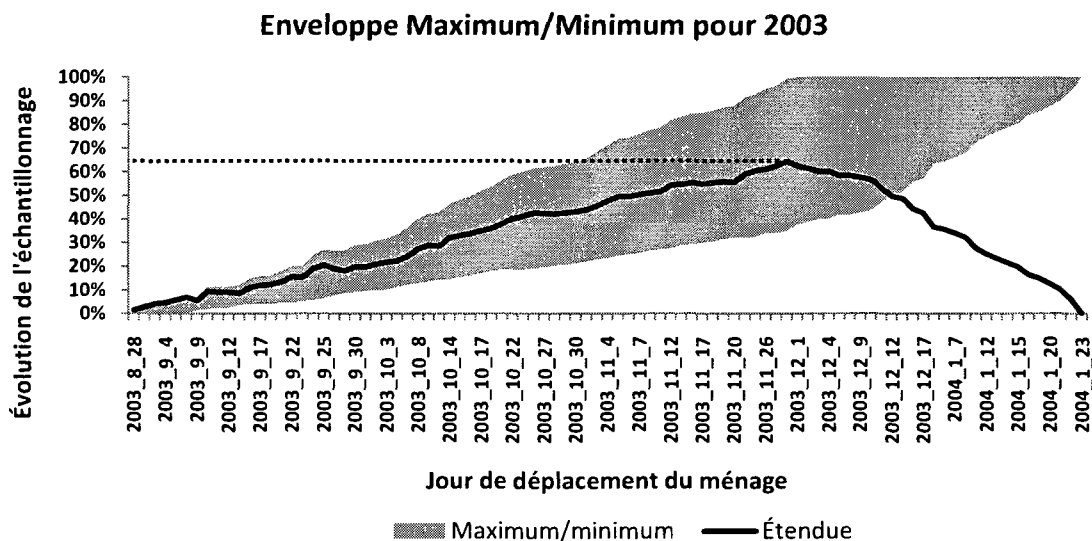
**Figure 6-7 : Évolution du taux d'échantillonnage lors de l'enquête OD de 2003 pour l'ensemble des secteurs municipaux (échantillon incluant la période hiver 2004)**

Il est à noter que l'enquête de 2003 s'est poursuivie en hiver 2004 afin de compléter les objectifs de ménages échantillonnés dans certains secteurs. En comparant avec la Figure 6-6, on remarque que le taux d'échantillonnage par secteur varie un peu plus. Cependant, ces variations s'étalent sur plusieurs journées. Certains secteurs, comme le secteur 124 (Côte-Saint-Luc), ont cumulé beaucoup de retard pendant l'enquête. En effet, en date du 12 décembre, seulement 50% des objectifs était atteint pour ce secteur.

D'autres secteurs n'ont pas été enquêtés au mois de décembre pour diverses raisons. Par exemple, les secteurs 541 (Saint-Philippe) et 551 (Saint-Édouard, Saint-Michel, Saint-Rémi) n'ont pas été enquêtés à partir du 2 décembre 2003. Les jours moyens pour ces secteurs ne prennent pas en considération les comportements moyens des individus au mois de décembre.

La Figure 6-8 illustre bien la grande variation du taux d'échantillonnage dans les différents secteurs. La différence entre le secteur le plus avancé et celui le plus en retard

est de plus de 60% en date du 1 décembre 2003. Cette différence n'a été comblée qu'à la fin du mois de janvier suivant.

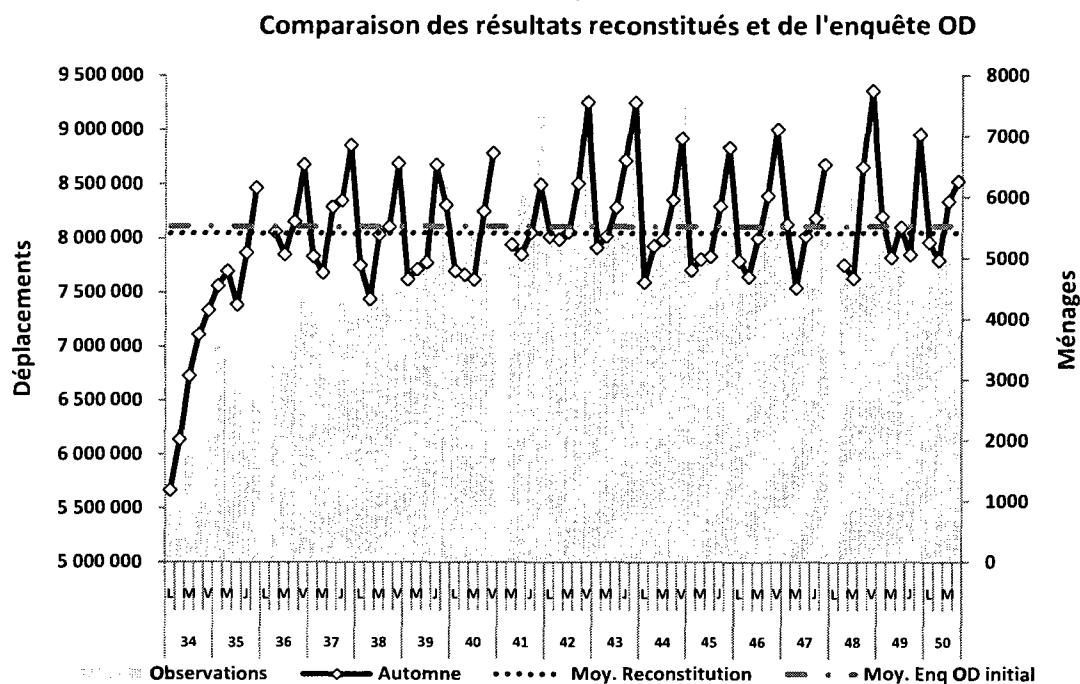


**Figure 6-8: Écart dans la progression des objectifs lors de l'enquête OD de 2003 (échantillon incluant la période hiver 2004)**

Ce que l'on observe dans les figures précédentes peut avoir un effet important sur les résultats. Les aspects qui sont les plus critiques sont les secteurs qui ne sont pas enquêtés pendant une importante période et ceux dont le retard est comblé de façon trop rapide.

### **6.2.3 Vérification de la méthode de redressement en comparant les résultats recomposés à l'enquête OD**

Afin d'obtenir un échantillon utilisable pour fins de calculs, on suppose que la taille de l'échantillon obtenu pour chaque journée de l'enquête est suffisante et que la composition de cet échantillon (âge moyen, distribution géographique, taille des ménages) est uniforme. Afin d'évaluer l'effet de ces hypothèses sur les résultats, il est possible de recombinaison les données de chaque journée de l'enquête OD et d'évaluer le biais apporté par les méthodes utilisées pour un indicateur. Dans le cas présent, nous vérifions l'effet de la décomposition de l'enquête OD sur le nombre de déplacements effectués par jour.



**Figure 6-9 : Comparaison des résultats reconstitués et de l'enquête OD**

En calculant la moyenne du nombre de déplacements effectués par jour pour chaque journée de l'échantillon, l'erreur qui est obtenue après tout le processus est d'environ 60 000 déplacements, soit 0.79%. On remarque sur la Figure 7 que malgré la forte variabilité de chaque journée et de chaque semaine, la moyenne globale de cet ensemble de données est très similaire à celle qui a été calculée a priori en se basant sur le jour moyen de semaine. En calculant la moyenne recomposée avec tous les échantillons, il est possible de mesurer un intervalle de confiance à 95% sur le nombre de déplacements effectués par jour (voir Tableau 6-3).

Tableau 6-3 : Nombre total de déplacements par jour : intervalle de confiance à 95% de la moyenne résultante

Moyenne Enq OD	8 108 448
Moyenne recomposée	8 044 416
Borne supérieure	8 175 973
Borne inférieure	7 913 460

La moyenne calculée à l'aide de l'échantillon initial se situe à l'intérieur de l'intervalle de confiance. Alors, pour des indicateurs généraux, la méthode simplificatrice qui a été utilisée, présentée à la section 4.2 amène une différence assez négligeable.

Il est possible de faire de même avec plusieurs autres indicateurs afin d'évaluer et de valider la méthodologie de redressement qui a été utilisée dans les chapitres précédents.

Tableau 6-4 : Intervalle de confiance des estimations selon le motif d'activités

<u>Motif</u>	<u>Moyenne recomposée</u>	<u>Intervalle de confiance</u>	<u>Borne supérieure</u>	<u>Borne inférieure</u>	<u>Moyenne enquête OD</u>
<u>Travail</u>	1 495 700	± 91 000	1 586 700	1 404 700	1 453 400
<u>Étude</u>	769 900	± 35 000	804 900	734 900	803 200
<u>Magasinage</u>	755 100	± 30 500	785 600	724 600	756 400
<u>Loisir</u>	826 400	± 98 400	924 800	728 000	691 400

Tableau 6-5 : Intervalle de confiance des estimations selon le mode de transport utilisé (24 heures)

<u>Mode</u>	<u>Moyenne recomposée</u>	<u>Intervalle de confiance</u>	<u>Borne supérieure</u>	<u>Borne inférieure</u>	<u>Moyenne enquête OD</u>
<u>Vélo</u>	104 672	± 14 200	118 872	90 472	94 673
<u>Marche</u>	977 897	± 33 600	1 011 497	944 297	998 658
<u>AC</u>	4 215 700	± 71 400	4 287 100	4 144 300	4 237 301
<u>AP</u>	1 182 000	± 4 4 100	1 226 100	1 137 900	1 180 000
<u>TC</u>	1 032 200	± 30 600	1 062 800	1 001 600	1 044 836

Tableau 6-6 : Intervalle de confiance des estimations selon de transport utilisé en pointe AM

<u>Mode PAM</u>	<u>Moyenne recomposée</u>	<u>Intervalle de confiance</u>	<u>Borne supérieure</u>	<u>Borne inférieure</u>	<u>Moyenne enquête OD</u>
<u>Marche</u>	184 100	9 100	193 200	175 000	189 208
<u>AC</u>	886 800	15 500	902 300	8 71 300	890 517
<u>AP</u>	218 500	6 600	225 100	211 900	221 489
<u>TC</u>	314 800	33 300	348 100	281 500	292 060

Tableau 6-7 : Intervalle de confiance des estimations selon le mode de transport utilisé en pointe PM

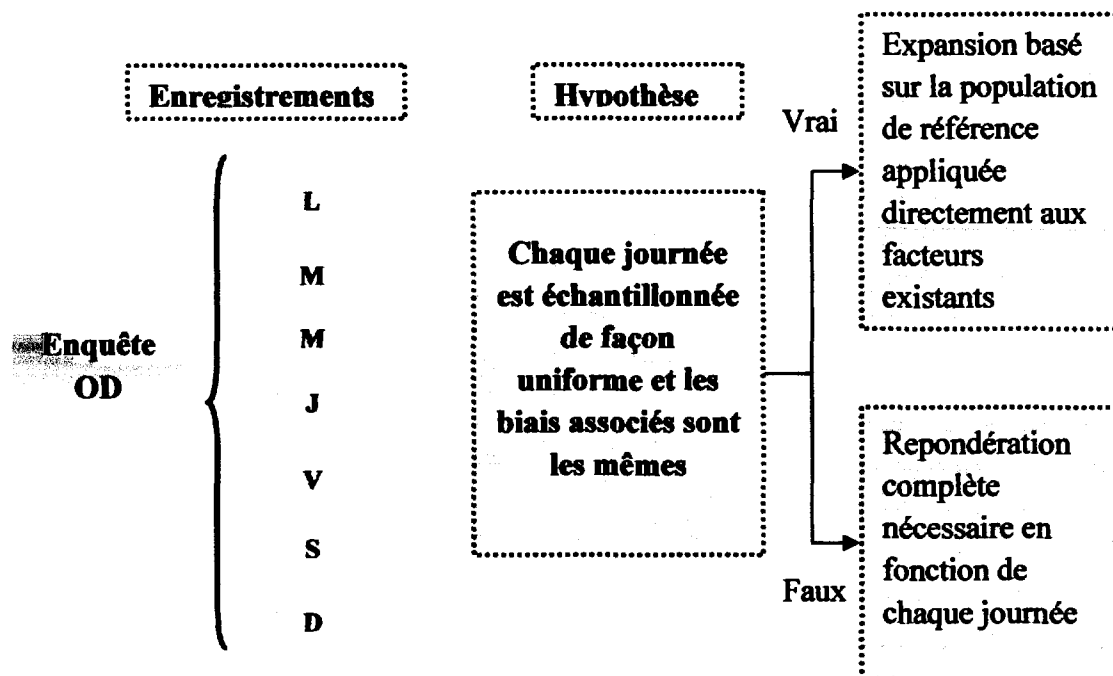
<u>Mode PPM</u>	<u>Moyenne recomposée</u>	<u>Intervalle de confiance</u>	<u>Borne supérieure</u>	<u>Borne inférieure</u>	<u>Moyenne enquête OD</u>
<u>Marche</u>	215 900	9 300	225 200	206 600	221 200
<u>AC</u>	1 098 000	18 100	1 116 100	1 079 900	1 103 600
<u>AP</u>	322 800	10 900	333 700	311 900	323 600
<u>TC</u>	319 100	9 700	328 800	309 400	322 700

Pour la grande majorité des indicateurs présentés dans les tableaux précédents, la valeur de l'indicateur estimé avec l'enquête OD de 1998 se situe à l'intérieur de l'intervalle de confiance de la moyenne recomposée des indicateurs estimés selon la méthodologie présentée au Chapitre 4.

### **6.3 Synthèse et perspectives**

Les diverses expérimentations effectuées dans ce chapitre ont permis de démontrer que la méthodologie d'analyse utilisée aux chapitres 4 et 5 a donné des résultats cohérents. L'hypothèse qui supposait que les échantillons disponibles pour chaque journée de l'enquête étaient semblables semble donc être vraie. Néanmoins, il ne faut pas oublier les raisons pour lesquelles cette hypothèse a été prise. La principale raison était d'éviter de devoir refaire le processus de pondération et d'expansion des enregistrements au complet. En supposant que la pondération initiale permettait de corriger l'ensemble des biais qui pouvait caractériser l'échantillon, il devenait beaucoup plus simple de faire l'expansion des enregistrements par la suite. La Figure 6-10 illustre la méthodologie qui a été utilisée.





**Figure 6-10 : Schéma représentant la logique utilisée dans le redressement des sous-échantillons**

Le schéma précédent vient donc nous questionner sur l'effet que peut avoir la méthode de pondération sur les résultats. La repondération complète des enregistrements suit une démarche qui serait beaucoup plus cohérente. Cependant, plusieurs aspects devront être développés afin de rendre possible ce processus. Par exemple:

- L'automatisation de l'ensemble des processus permettant l'ajustement, la pondération et l'expansion des enregistrements d'une enquête ;
- Le développement d'outils appropriés permettant d'accompagner l'analyste en transport dans le choix des indicateurs, du niveau de résolution, de la période d'analyse et des échantillons;
- Le développement d'une méthodologie afin de déterminer quel est l'échantillon minimal nécessaire pour effectuer les analyses souhaitées.

## **CHAPITRE 7 : PROPOSITION DES CONCEPTS VISANT LA CRÉATION D'UN OUTIL INTERACTIF**

Jusqu'à présent, les analyses effectuées sur le transport à partir de données d'enquête OD s'appuient habituellement sur les périodes de pointe d'une journée moyenne, typiquement la période de pointe de matin. Cette technique a l'avantage d'être simple, peu complexe et de donner des résultats concluants dans beaucoup de cas. Toutefois, afin d'explorer et d'exploiter les nombreuses potentialités de ces données, de multiples traitements doivent être effectués, traitements qui peuvent monopoliser beaucoup de temps et de ressources. En plus, l'exploitation de ces données de manière innovatrice peut amener des problèmes de représentativité statistique qui nécessite de porter une attention particulière à la taille et à la forme de l'échantillon. L'utilisation des méthodes qui ont été présentées dans ce mémoire nécessite plusieurs traitements préalables sur les données ainsi que des analyses diverses pour assurer la cohérence des résultats en découlant. Ceci est quelque peu différent des traitements usuels faits avec les enquêtes OD traditionnelles alors que l'estimation d'indicateurs est rapide et s'appuie sur pondération unique des enregistrements. Par exemple, si on désire étudier les comportements de magasinage de la population selon un découpage en plusieurs jours moyens, plusieurs étapes doivent être effectuées préalablement à l'obtention de résultats cohérents.

- Choix des indicateurs intéressant de la mobilité par rapport à l'analyse désirée;
- Choix d'une période d'analyse (saison, mois, etc.);
- Vérification de l'échantillon disponible;
- Création de sous-échantillons représentant chacun une journée de mobilité ou une autre plage temporelle selon les analyses à effectuer ;
- Pondération, ajustement et expansion des enregistrements de chaque sous-échantillon;
- Recherche de comportements similaires et agrégation en plusieurs jours moyens;

- Présentation de l'analyse sous différents aspects;
- Validation des résultats et vérification de la représentativité statistique de ceux-ci;

Ces nombreuses étapes viennent compliquer la tâche des analystes en transport qui ont l'habitude d'utiliser le jour moyen afin d'estimer les comportements de la population. Cependant, avec l'avènement des enquêtes en continu, l'utilisation du jour moyen de semaine devra être plus réfléchie car la taille de l'échantillon aura un impact sur les analyses. D'où l'importance d'apporter une aide méthodologique aux utilisateurs des enquêtes OD afin de les guider vers des résultats valides.

## **7.1 Objectifs**

Étant donné les avantages de migrer vers une méthodologie telle que proposée à la section 1.2, il peut être intéressant de regrouper le tout dans un outil. L'objectif principal serait la création d'un ensemble de données cohérent à partir duquel plusieurs analyses pourraient être effectuées. Le système interactif pourrait aussi permettre à l'analyste de choisir différents critères tout en assurant la cohérence du processus qui mène vers les résultats. Cette section vise à amorcer le processus de création d'un tel outil présentant ses principaux concepts d'un outil qui a pour but d'accompagner l'analyste en transport dans les différentes analyses.

Les objectifs spécifiques d'un tel outil sont les suivants :

- Permettre de préparer les données de façon simple et rapide ;
- Permettre le choix des méthodes d'ajustement et de pondération des enregistrements ;
- Permettre d'évaluer la variabilité sur une série d'indicateurs ;
- Permettre de combiner de l'information provenant de plusieurs sources (fusion) ;
- Préparer un échantillon de données et une méthodologie d'analyse cohérente ;
- Guider le professionnel sur les limites de l'analyse (niveau de résolution, etc.) ;
- Assurer la validité des résultats ;

- Assurer la significativité statistique et illustrer l'incertitude statistique sur les mesures ;
- Permettre d'évaluer l'évolution des différentes méthodes utilisées pour les traitements des données.

## **7.2 Élaboration conceptuelle des différents aspects**

La conceptualisation d'un outil, tel que présenté précédemment, demande la connaissance et le développement de plusieurs aspects qui n'ont pas tous été abordés dans ce mémoire. La Figure 7-1 présente les différents éléments qui pourraient être intégrés dans un tel outil.

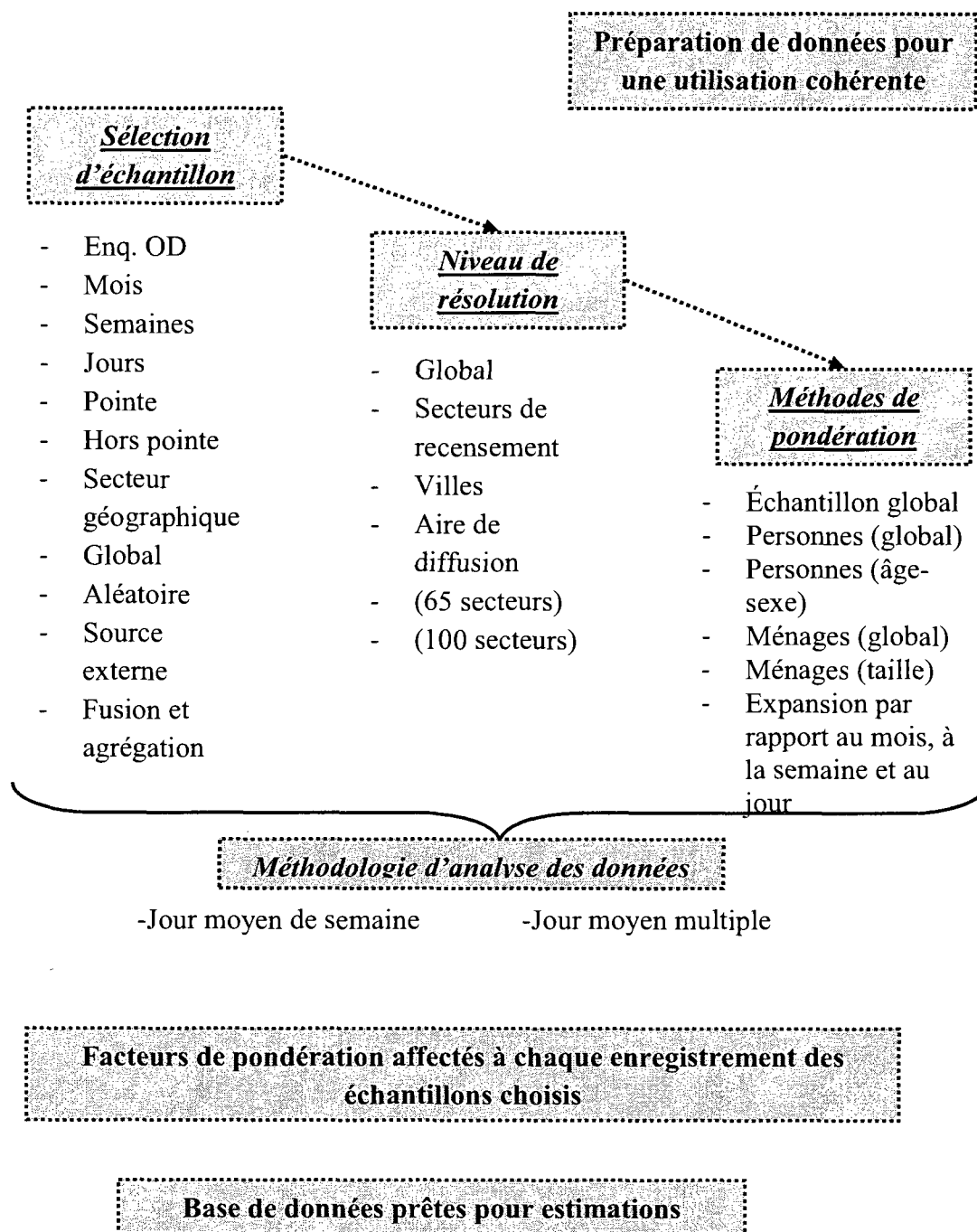


Figure 7-1 : Outil servant à la pondération et l'expansion des enregistrements

Les différents aspects suivants nécessitent que de s'y attarder quelque peu :

- Choix des indicateurs ;
- Choix du niveau de résolution ;
- Choix de la période d'analyse ;
- Choix d'une méthode de pondération et ajustement des enregistrements ;
- Choix d'une base d'analyse : (un ou plusieurs jours moyens, semaine moyenne, etc.)

Les aspects mentionnés ci-haut vont tous avoir une importance sur la validité des résultats obtenus. La plupart des choix effectués à cette étape peuvent avoir une influence les uns sur les autres. En plus, le choix d'un de ces éléments va instaurer des limites intrinsèques qui vont affecter les autres choix. Par exemple, le choix d'une certaine période d'analyse va limiter la taille de l'échantillon qui va être disponible. Ceci va avoir un impact sur le choix du niveau de résolution, de la méthode de pondération et même de l'unité d'analyse.

### **7.2.1 Choix des indicateurs intéressants selon l'analyse désirée**

Le choix des indicateurs de mobilité pour la réalisation d'une certaine analyse est le premier élément à étudier. En effet, la variabilité de plusieurs indicateurs dans le temps peut être très différente. Par exemple, si on s'intéresse à l'étude des déplacements effectués à vélo, plusieurs indicateurs tels que la distance de déplacement, la durée d'activité liée à ce déplacement, la part modale ou les taux de mobilité peuvent être utilisés. Cependant, ces différents indicateurs ne se comportent pas nécessairement de la même façon dans le temps, même s'ils concernent tous le mode vélo. Ce choix peut donc avoir une influence sur le niveau de résolution minimal qui peut être toléré et sur la période d'analyse qui sera choisie. Le choix de ces indicateurs est donc nécessaire afin de pouvoir effectuer les différentes analyses de représentativité statistique, de niveau de résolution acceptable et d'incertitudes sur les estimations. L'objectif est d'obtenir des résultats valides et cohérents pour l'ensemble des indicateurs désirés. Il est aussi nécessaire de déterminer la période de la journée (24 heures, PAM, PPM) qui nous intéresse car ceci a aussi une influence sur la variabilité des comportements.

### **7.2.2 Choix d'une période d'analyse**

L'objectif est de déterminer les mois, les semaines ou les jours à inclure dans une certaine analyse. Par exemple, si on s'intéresse aux activités de magasinage à l'approche de Noël, il faut déterminer à partir de quel moment les activités sont affectés par ce phénomène. Ce choix va avoir un impact considérable sur la méthode de pondération et le niveau de résolution qui pourra être utilisé car il va influencer directement la taille de l'échantillon qui sera disponible.

L'exclusion de certains sous-échantillons doit aussi être déterminée à cette étape. Par exemple, tel que discuté dans le Chapitre 5, pour plusieurs analyses, la première semaine de l'enquête OD de 1998 présente des comportements de mobilité très différents de ceux des autres semaines.

### **7.2.3 Vérification de l'échantillon disponible (niveau de résolution)**

Le choix d'un certain niveau de résolution, c'est-à-dire le découpage minimal qui peut être toléré afin d'assurer la validité statistique des résultats, est un autre aspect important. En effet, selon la spécificité de l'analyse qui est désirée, le niveau de résolution minimal acceptable afin d'assurer la validité des résultats peut varier. La contrainte principale, qui permet de choisir le niveau de résolution adéquat, est la taille de l'échantillon qui est disponible. Par exemple, si on désire étudier les déplacements effectués à vélo, dans un secteur municipal particulier, selon 5 jours type de semaines, il se peut que le nombre de déplacements effectués à vélo dans ce secteur ne soit pas assez important afin d'assurer la validité des données. Le jour moyen de semaine serait peut-être alors la seule option.

### **7.2.4 Pondération et expansion des enregistrements**

Selon les choix précédents, il est nécessaire de passer par la repondération des enregistrements afin de pouvoir représenter les comportements de l'ensemble de la population de référence. Cette section pourrait aussi permettre l'évaluation des effets de la pondération sur les résultats d'analyse. Par exemple, il pourrait être possible de pondérer une enquête selon plusieurs méthodes de pondération afin de comparer et

d'évaluer l'impact de ces méthodes sur les résultats d'analyse. Ceci pourrait être très utile lors d'analyses évolutives d'indicateurs de mobilité. Selon la base d'analyse qui sera choisie (le jour moyen, plusieurs jours moyens, semaine moyenne, etc.), la méthode de pondération devra être adaptée afin de créer un ou plusieurs sous-échantillons pondérés.

### 7.2.5 Interactivité entre les différents éléments

Le but d'un tel outil est d'assister l'analyste et de l'accompagner dans la réalisation d'analyses de mobilité. Il permet aussi de déterminer l'influence que peut avoir un choix méthodologique sur les résultats. Comme il a été mentionné précédemment, les divers choix méthodologiques ont une certaine influence les uns sur les autres et limitent parfois les capacités des enquêtes OD à faire ressortir certains éléments de la mobilité. La Figure 7-2 présente les différentes interactions entre l'ensemble des aspects énoncés précédemment.

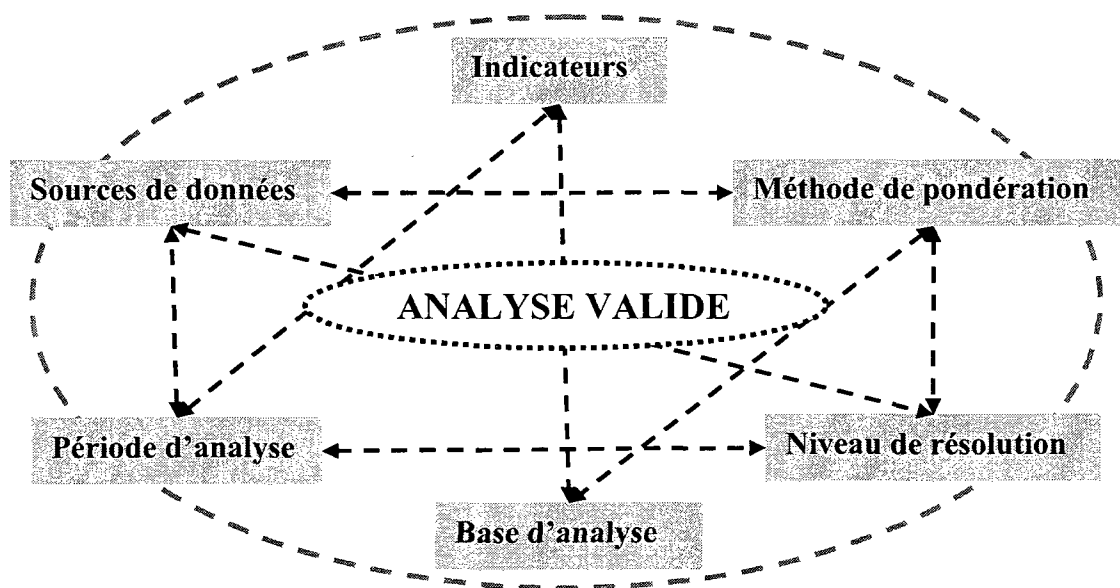


Figure 7-2 : Représentation schématique de l'interactivité des différents aspects modifiables d'une analyse de mobilité



### 7.3 Synthèse

L'objectif général de ce chapitre était d'élaborer les différents concepts à inclure dans la création d'outil systémique permettant d'accompagner l'analyste en transport dans les analyses de mobilité. Chaque aspect peut avoir une influence sur les autres et l'outil devra montrer les limites à ne pas dépasser afin d'assurer la validité des résultats

Un tel outil permettrait aussi de faire de multiples analyses très rapides sur l'effet de différents paramètres sur les résultats. Par exemple, il pourrait aider à déterminer l'impact de l'utilisation d'une certaine méthode de pondération sur l'estimation des indicateurs.

L'analyse cohérente des données pourrait permettre de comparer et d'évaluer réellement les différences entre les enquêtes OD. Actuellement, il est difficile d'évaluer les différences entre des résultats provenant de deux sources de données différentes si la méthodologie de traitement était différente. Bien entendu, l'impact de la méthode de pondération sur la comparaison des résultats est peut-être négligeable. Néanmoins, un outil interactif apporterait une aide dans la conduite de telles analyses.

En plus de l'utilisation des données des enquêtes OD, l'outil pourrait aussi aider à l'enrichissement des bases de données déjà existantes par l'ajout d'informations provenant de sources externes. L'intégration des méthodes de fusion de données ferait partie des différents aspects de l'outil afin de permettre un plus grand choix de données pour les analyses. La fusion de données nécessite en premier lieu le développement d'outils et de méthodes afin de permettre une bonne imputation des données.

## CONCLUSION

Ce mémoire avait comme principal objectif d'explorer et d'approfondir plusieurs aspects des enquêtes OD. Il visait, entre autres, à répondre à deux défis.

- D'une part, un défi de substance en sensibilisant les analystes aux effets et impacts de choix méthodologique sur les résultats obtenus.
- De l'autre, un défi méthodologique à travers l'élaboration d'une démarche logique et cohérente permettant de mieux exploiter les potentialités des enquêtes OD à Montréal et à travers l'exploration de diverses méthodes systémiques et reproductibles permettant de faire ressortir la variabilité dans les comportements de mobilité, de les comparer et de les différencier.

### Contributions

Plusieurs contributions sont apportées par ce mémoire. Il permet, en premier lieu, de démontrer d'autres potentialités d'analyse des enquêtes OD. En effet, les différentes expérimentations permettent d'explorer des façons innovatrices d'utiliser les données tout en assurant la validité et la représentation statistique des résultats. Elles permettent aussi de donner un aperçu du niveau de détail que l'on peut obtenir dans le cadre d'une analyse spécifique. Cette recherche visait aussi à contribuer à la valorisation des données d'enquêtes OD en proposant de nouvelles méthodes d'exploitation de ces données. En effet, les diverses expérimentations effectuées aux chapitres 4 et 5 permettent de découvrir la grande qualité de ces enquêtes, autant dans la réalisation, la validation et les traitements. Aussi, il permet de comprendre les multiples interactions entre les différents aspects d'une enquête OD, autant dans la préparation, la réalisation, les traitements et l'analyse. En effet l'ensemble des éléments régissant les enquêtes OD sont interdépendants entre eux et ont tous un impact important les uns sur les autres. Par exemple, tel que mentionné à la section 4, l'absence d'entrevues au mois de décembre pour différentes secteurs géographiques pendant l'enquête de 2003 peut apporter des

problématiques importantes au niveau de la pondération et de l'ajustement des enregistrements ainsi que dans les résultats découlant des estimations.

Dans un même temps, ce mémoire permet de questionner les limites de l'utilisation du jour moyen pour plusieurs analyses. Il démontre la nécessité d'aborder l'analyse de données de façon innovatrice afin de faire ressortir l'information qui est disponible. En effet, il démontre que pour certaines analyses, l'utilisation du jour moyen n'est pas la meilleure façon d'évaluer justement les comportements de mobilité des individus.

Ce travail propose, entres autres, différentes méthodes systémiques et reproductibles afin de comparer, différencier et d'agréger différents sous-échantillons de données en fonction de la similarité de différents indicateurs de mobilité. Le développement d'une méthodologie, qui a comme objectif la création de plusieurs jours moyens pour fins d'analyse. Il est à noter que l'utilisation du jour moyen n'est pas nécessairement remise en question pour l'ensemble des analyses qui sont effectuées avec les données des enquêtes OD. En fait l'objectif était plutôt de montrer les limites de ce concept, notamment pour des comportements qui varient dans le temps afin de contribuer à l'approfondissement des connaissances relatives à la mobilité des montréalais. Ce travail explore aussi les effets des différentes hypothèses d'analyse qui alimentent et influencent le processus de prise de décision.

Finalement, ce travail contribue aussi à sensibiliser les analystes aux effets et aux impacts des choix méthodologiques faits lors de la réalisation et de l'exploitation des données sur les résultats obtenus. En effet, il faut prendre conscience lors de l'estimation d'indicateurs de l'ensemble des aspects qui peuvent influencer les résultats. Afin de prendre une décision éclairée, les planificateurs en transport doivent se baser sur les modèles et outils qui représentent le mieux les comportements observés de la mobilité. D'où l'élaboration des différents concepts d'un outil interactif permettant la création d'échantillons cohérents de données pour fins d'analyse. Cet outil pourrait permettre d'accompagner l'analyste en transport pour ces différentes analyses en lui permettant de faire plusieurs choix sur le type de données en prendre en considération, le

choix des indicateurs, le niveau de résolution, la méthode de pondération, la période et la base d'analyse qu'il désire, le tout en soulignant les diverses limites imposées par ces différents choix.

### **Limitations**

La méthodologie proposée dans ce travail permet de faire ressortir quelques limitations. Premièrement, afin de simplifier les traitements effectués sur les échantillons, il a été supposé que chaque journée de l'enquête avait été échantillonnée de façon uniforme. Afin que chaque échantillon illustre les comportements de mobilité de l'ensemble de la population, seule une expansion des enregistrements a été effectuée. Le chapitre 6 a permis d'illustrer que l'échantillonnage de chaque jour d'enquête n'était pas parfaitement uniforme. Une repondération complète des enregistrements, qui prend en considération le nombre de ménages échantillonnés par secteur pour chaque jour d'enquête, permettrait de réduire les biais apportés par les différences sociodémographiques de chaque sous-échantillon. La plupart des expériences effectuées dans ce travail se sont contentées d'illustrer les comportements observés dans l'ensemble du territoire. En contraignant un peu plus le territoire d'analyse, la taille de l'échantillon disponible devient rapidement problématique, principalement pour quelques indicateurs et secteurs.

L'indicateur principal qui a été utilisé est le nombre de déplacements effectués par jour selon le motif d'activité et le mode de transport. Plusieurs autres indicateurs tels que la distance moyenne à vol d'oiseau d'un déplacement, la durée d'activité, les parts modales ou les taux de mobilité pourraient être utilisés. Ces analyses supplémentaires permettraient de valider ou non les différents résultats obtenus dans ce travail. Aussi, les différentes expériences effectuées ont principalement utilisé l'enquête OD de 1998. Les comportements de mobilité de la population s'étant modifiés depuis 1998, l'application de cette méthodologie d'analyse à l'enquête de 2003 et de 2008 permettrait d'illustrer l'évolution des comportements de mobilité de la population.

### **Perspectives de recherche**

Les perspectives ouvertes par ce travail de recherche sont nombreuses. La méthodologie statistique qui a été utilisée dans la création de plusieurs jours type de semaine représentant la variabilité hebdomadaire des comportements est un aspect qui devra être exploré d'avantage. En effet, il serait certainement souhaitable d'améliorer les différents éléments de la méthodologie qui a été proposée. Notamment, il serait pertinent de tester cette méthodologie avec plusieurs autres indicateurs afin de valider la cohérence des résultats en découlant. Il serait aussi pertinent d'utiliser des éléments de cette méthodologie afin de comparer spatialement des échantillons.

L'exploration des méthodes de regroupement est certes un autre aspect à approfondir dans la recherche de la similarité des indicateurs découlant de plusieurs échantillons. Ces méthodes ont l'avantage de pouvoir être utilisées facilement et rapidement. Elles permettent aussi de valider, d'une certaine façon, les résultats obtenus de manières différentes.

La méthodologie qui a été exposée dans ce travail de recherche peut sembler assez large et robuste pour s'appliquer dans un environnement autre qu'une enquête OD traditionnelle. En effet, les défis méthodologiques pour l'exploitation à leur plein potentiel des enquêtes en mode continu vont nécessiter le développement de plusieurs méthodes et outils. En plus, un des objectifs de telles enquêtes est d'évaluer la variabilité annuelle dans les comportements de mobilité de la population. Ceci est très semblable à un des objectifs de ce travail qui s'attardait à faire ressortir la variabilité pendant la saison d'automne. Les méthodes présentées dans ce mémoire peuvent certainement servir comme pistes de solutions afin d'aborder ces différentes problématiques.

Les divers travaux effectués dans ce travail semblent par ailleurs promouvoir la poursuite des activités de recherche sur une meilleure représentation de la variabilité des comportements de mobilité des individus afin de les refléter de mieux en mieux. En effet, l'analyse selon plusieurs jours moyens peut devenir un aspect complémentaire à

l'analyse d'une certaine problématique car elle peut donner des informations supplémentaires et complémentaires par rapport à ceux obtenus avec un jour moyen de semaine. L'utilisation de ce concept demande cependant une charge de travail supplémentaire par rapport aux analyses classiques. Avant qu'une méthode semblable soit utilisée, un outil systémique et interactif permettant de réduire la durée de traitements des données avant d'obtenir des résultats concluants devra être conceptualisé et construit.

Suite à l'observation que les habitudes de déplacements varient à l'intérieur d'une même semaine, plusieurs chercheurs s'intéressent maintenant à la modélisation des activités sur plusieurs journées. Une des limites de leur modèle est la taille de l'échantillon dont ils disposent qui, dans plusieurs cas, est petite. Ces données proviennent dans la majorité des cas d'enquêtes de type panel qui recueille les déplacements des individus sur plusieurs jours. A Montréal d'autres choix méthodologiques a été faits. La taille, la profondeur et la souplesse des enquêtes OD pourrait permettre la modélisation d'une semaine moyenne de déplacements basée sur la fusion de données pour des comportements similaires.

La dernière section de ce travail s'intéressait à l'incorporation des différents aspects étudiés dans les chapitres précédents en vue d'assister l'analyste en transport dans la création d'échantillons pondérés de données pour fins d'analyse. La création d'un tel outil permettrait donc de faciliter grandement la réalisation d'analyses spécifiques et l'approfondissement des activités de. Il permettrait entre autres de faciliter l'étude des impacts de divers choix méthodologiques (niveau de résolution, méthode de pondération) sur les résultats en facilitant la création d'échantillons prêts pour différents calculs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adjengue et Carmichael (2005). Probabilités et statistiques pour ingénieur, Les éditions de la Chenelière inc.
- Ampt, E. (2004). "On Best Practice in Continuous Large-scale Mobility Surveys " *Transport Reviews* 24(3): 26.
- Bayarma, A. et R. Kitamura (2009). "On the Recurrence of Daily Travel Patterns: A Stochastic-Process Approach to Multi-Day Travel Behavior." *Transport Research Board*: 18.
- Beckman, R. J., K. A. Baggerly, et al. (1999). "Creating synthetic baseline populations." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 30(6): 14.
- Bonnel, P., C. Morency, et al. (2008). "Workshop on Best practices in data fusion, International Conference on Survey Methods in Transport: Harmonisation and data comparability." Annecy.
- Chalasani (2005). Enriching household travel survey data : Experience of Microcensus 2000. Swiss Transport Research Conference. Swiss.
- Chapleau, R. (1991). "Socio-Démographie Suburbaine et Transport Urbain: Tendances Récentes." 6ième Conférence Internationale sur les Comportements de Déplacements (IATB): 15.
- Chapleau, R. (1999). "Analyse totalement désagrégée de la mobilité des travailleurs Montréalais." *Routes et transports* 28: 11.
- Chapleau, R. et D. Girard (1986). "Effects of Population Aging and Urban Dispersion on the Use of Urban Transport in the Future." Congrès mondial sur la recherche en transport (WCTR).
- Chapleau, R., P. Lavigne, et al. (1994). "Projection de la demande de transport des personnes à un horizon de 20 ans." Exposé des communications, 29ième congrès AQTR: 21.
- Chapleau, R. et C. Morency (2004). "Effets redistributifs des infrastructures de transport routier et en commun du Grand Montréal, 1987-1998." Dix-septièmes entretiens du Centre Jacques Cartier: 14.

- Chapleau, R., C. Morency, et al. (2008). "Simple and Interactive Spatial Mobility Analysis Tool for Data Visualization." International Conference on Survey Methods in Transport : Harmonization and Data Comparability.
- CIMTU. "Faits saillants : Enquête OD 2003." from [http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/2003/Faits\\_saillants/Index.asp](http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/2003/Faits_saillants/Index.asp).
- CIMTU. "Secrétariat de l'enquête OD." from [www.cimtu.qc.ca](http://www.cimtu.qc.ca).
- Cirillo, C., E. Cornelis, et al. (2004). "Les enquêtes sur les comportements de mobilité, et après ?" *Reflet et perspective de la vie économique* XLIII: 10.
- Elango, V. V., R. Guensler, et al. (2007). "Day to day travel variability in the commute Atlanta study." *Transportation Research Board*: 20.
- Genre-Grandpierre, C. et D. Josselin (2005). "Dépendance à l'automobile, tension dans les mobilités et stratégies des ménages." *Cybergeog, Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2005*: 25.
- Hunt, J. D., P. McMillan, et al. (2005). *Nature of Weekend Travel by Urban Households*. Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Calgary.
- Hyung, J. K., H. K. Dea, et al. (2004). "Weekend Activity and Travel Behavior in a Developing Country." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1894: 10.
- Joly, M. (2008). *Motorisation, localisation et autres facteurs : quelle influence sur le choix modal?* Transport, Génie civil. Montréal, École Polytechnique de Montréal: 143.
- Kuhnimhof, T. and C. Gringmuth (2009). "A Multiday Multi Agent Model Of Travel Behavior With Activity Scheduling." *Transportation Research Board*.
- Manheim, L. M. (1979). *Fundamentals of Transportation Systems Analysis. Volume 1 : Basic concepts*, MIT Press.
- Melhuish, T., M. Blake, et al. (2002). "An evaluation of synthetic households populations for census collection districts created using ooptimisation techniques." *Australian journal of Regional Studies* 8(3): 21.



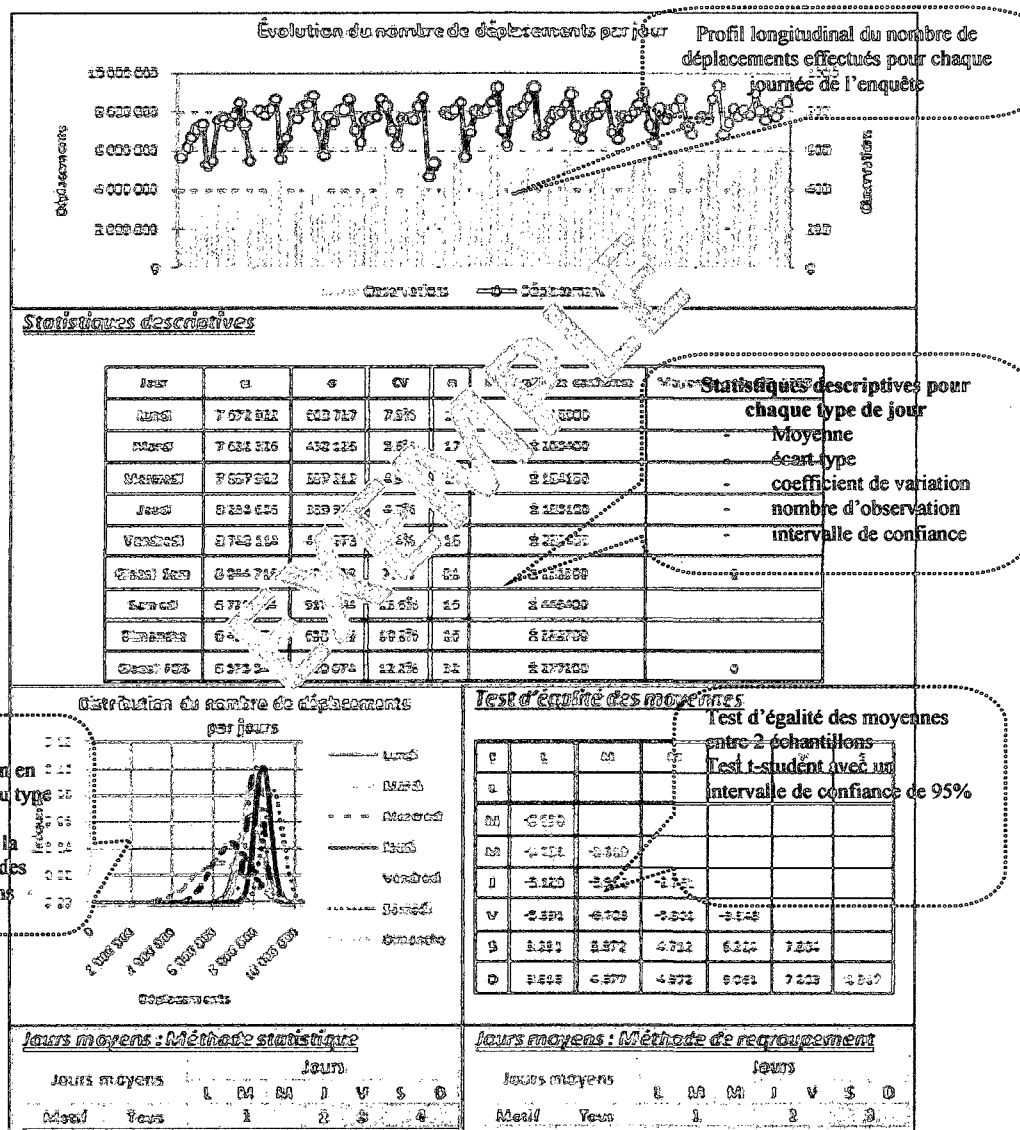
- Morency, C. (2004). Contributions à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales. Génie civil. Montréal, École Polytechnique: 487.
- Morency, C. et R. Chapleau (2003). "Mesure de diverses expressions de l'étalement urbain à l'aide de données fusionnées d'enquête transport et de recensement: étude multi-perspectives du Grand Montréal." Cahiers scientifiques du transport: 32.
- Morency, C. et R. Chapleau (2008). " Age and Its Relation With Home Location, Household Structure and Travel Behaviors." 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Morency, C., R. Chapleau, et al. (2006). "MADWE : Mesure des déplacements et activités lors des jours de week-end." Association Québécoise du transport et des routes: 25.
- Morency, C. et M. Demers (2007). "The "Steps in Reserve": An unexploited way to make our children more active during their daily routine." International Conference on physical Activity and Obesity in Children.
- Morency, C., M. Trépanier, et al. (2008). "Le transport en commun complice de votre santé?!", Revue Routes et Transport." AQTR.
- MTQ. "Enquête OD." from [www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere).
- Pas, L. E. (1988). "Weekly travel activity behavior." Transportation: 20.
- Shoup, D. (2005). High Cost of Free Parking. Chicago, APA Planners Press.
- Stopher, P. R. et E. Clifford (2009). "Variability of travel over Multiple Days: Analysis of Three Panel Waves." Transportation Research Board: 12.
- Tarignan, A. et R. Kitamura (2008). "On week-to-leisure trip frequency and its association with variability of Leisure." Transportation Research Board: 26.
- Thomas, T., T. Jaarsma, et al. (2008). "Temporal variations of bicycle demand in the Netherlands : The influence of weather on cycling." Transportation Research Board: 17.
- Trépanier, M. et R. Chapleau (1996). "Un modèle d'analyse désagrégée des générateurs de déplacements: vers une connaissance détaillée de l'utilisation des lieux urbains." 31e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes: 19.

- Trépanier, M., R. Chapleau, et al. (2002). "Méthodologie d'analyse des impacts de relocalisation des générateurs de déplacements." 37e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes: 20.
- Verreault, H. et C. Morency (2008). "Quand le jour et le mois dictent les choix." 43e Congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes: 24.
- Wiel (1998). "Comment gérer la transition urbaine." Recherche transports sécurité 58: 20.
- Zhou and Golledge (2000). "Measuring Day-to-Day Variability in Travel Behavior Using GPS Data." 13.

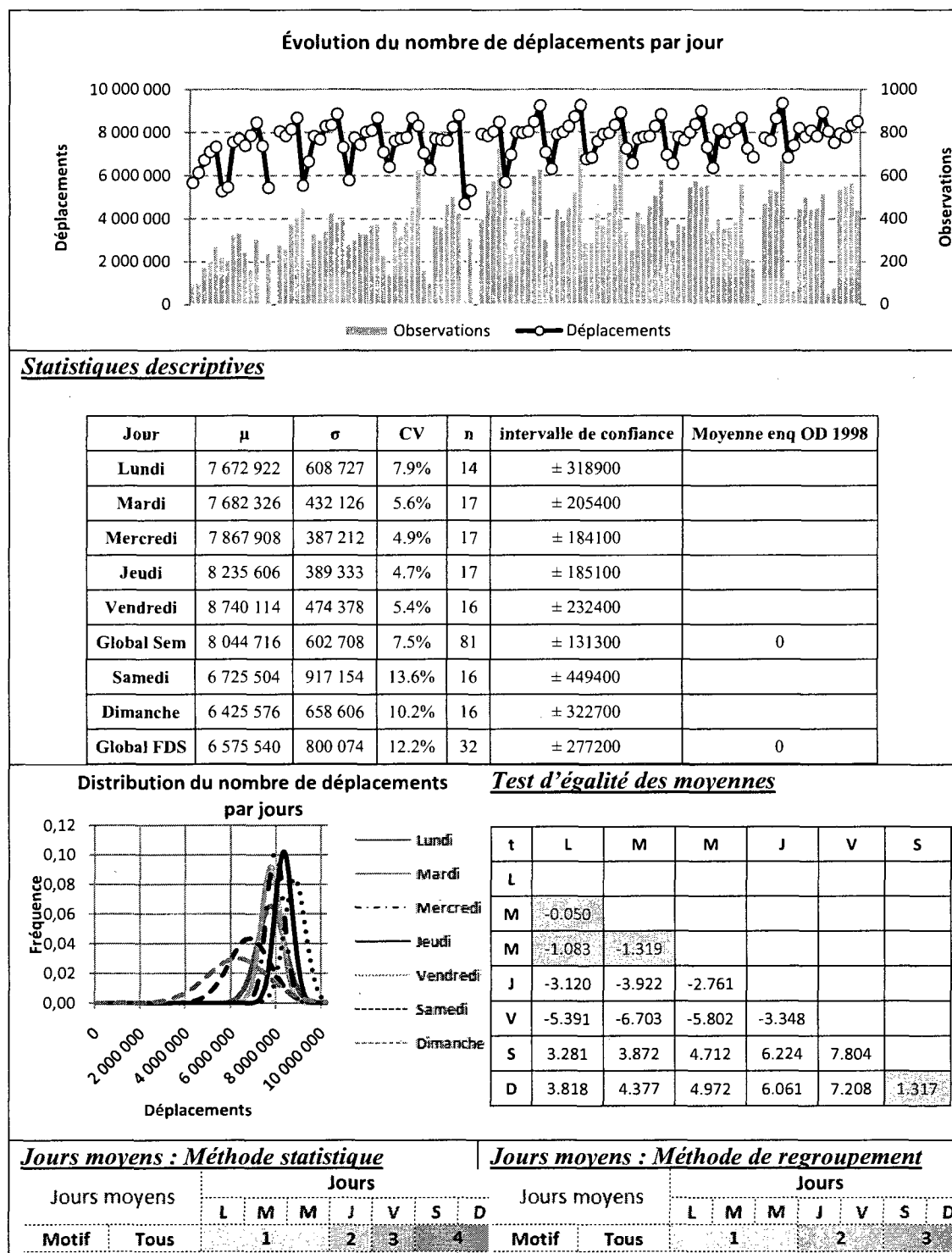
## ANNEXE

# **ANNEXE 1 :        SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ JOURNALIÈRE D'INDICATEURS DE MOBILITÉ**

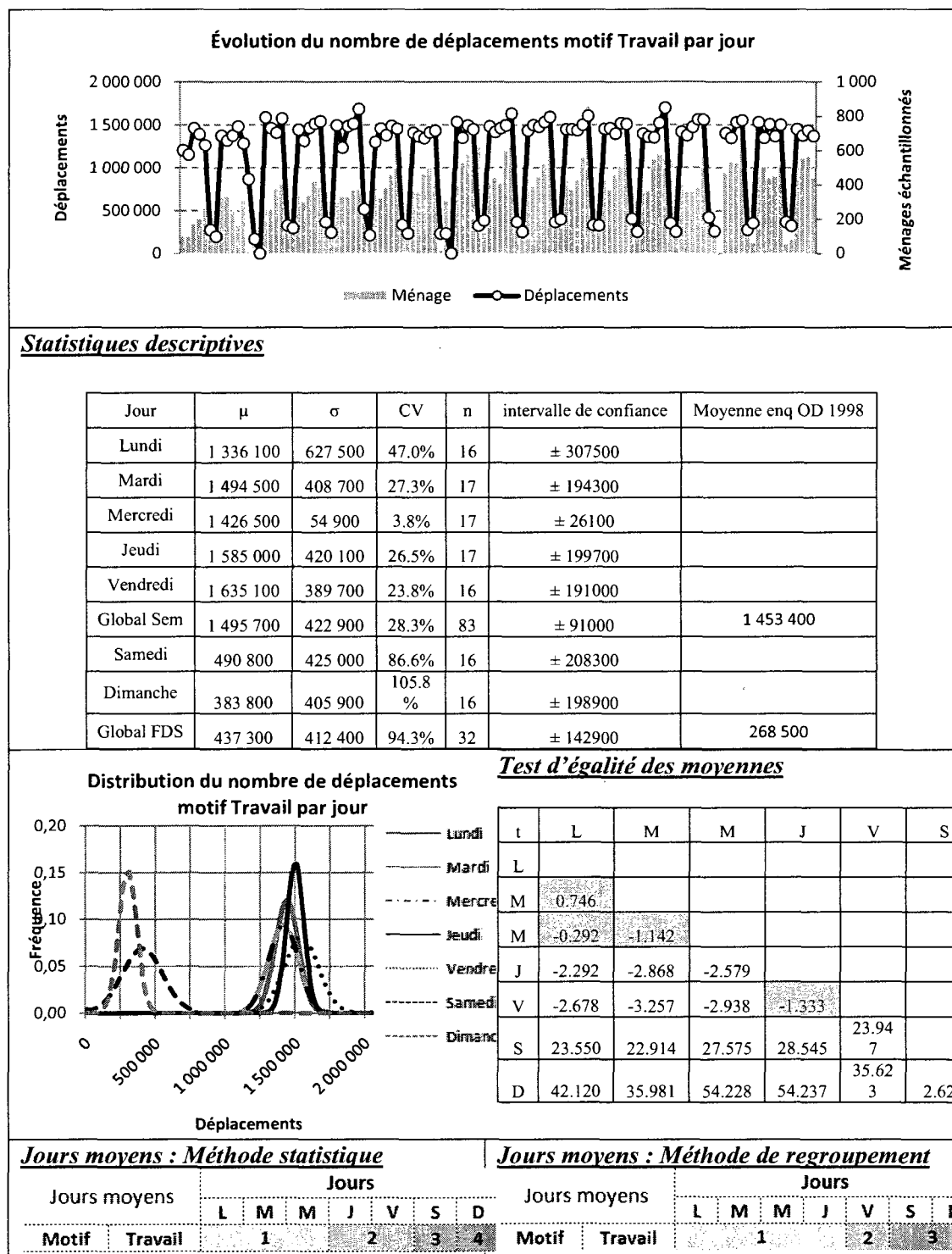
Annexe 1- 1: Exemple de tableau synthèse d'indicateur



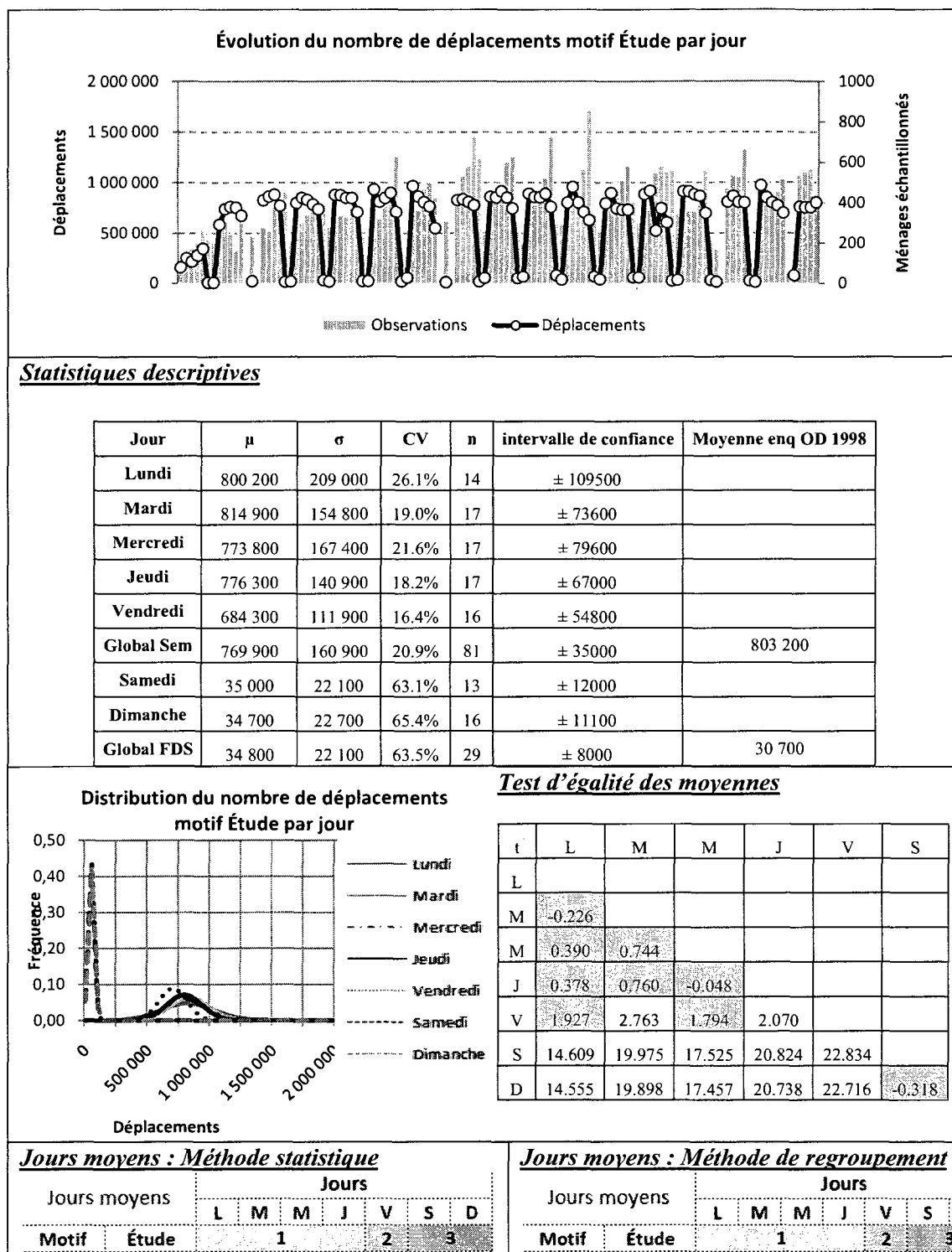
# Annexe 1- 2 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Tous



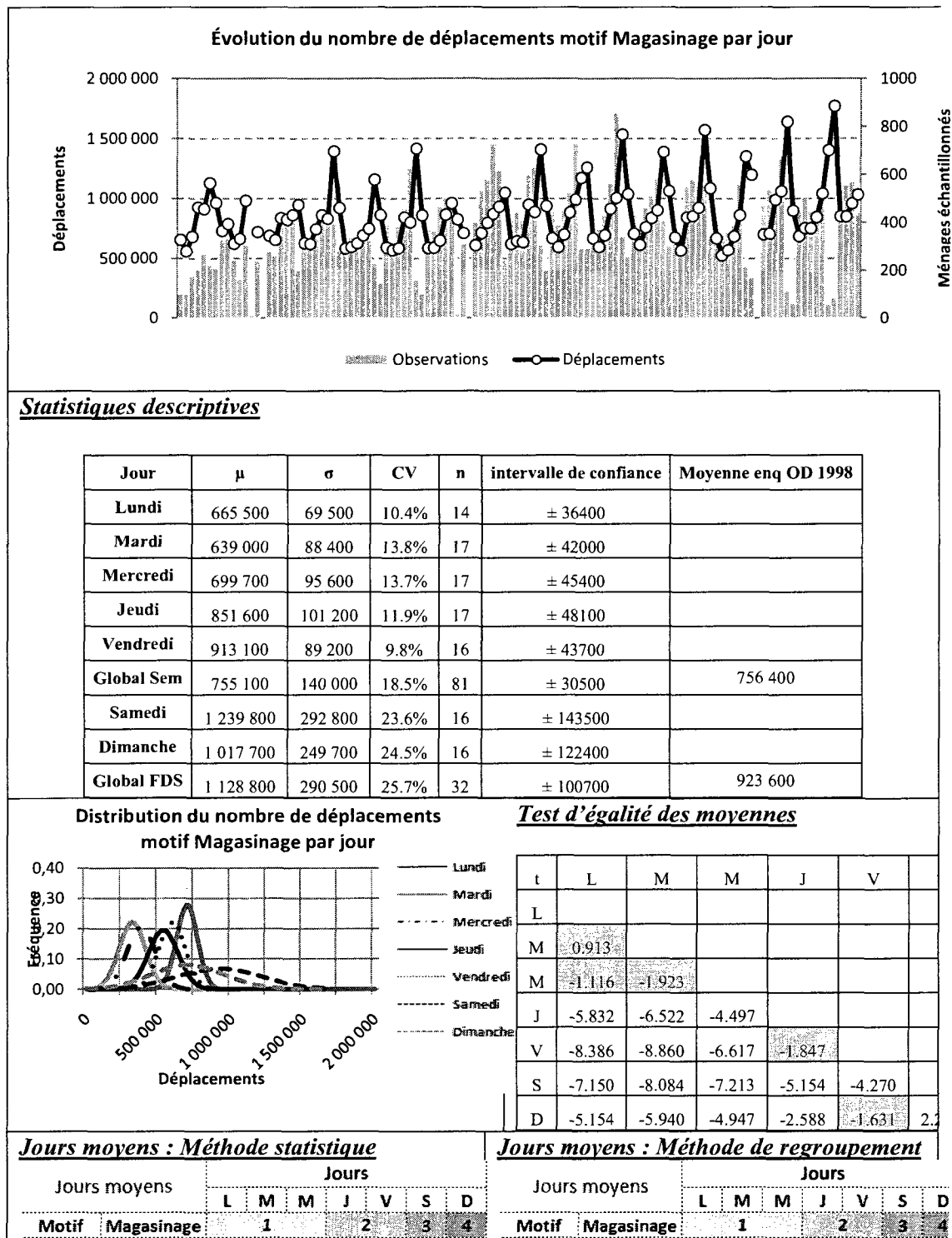
### Annexe 1- 3 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Travail



### Annexe 1- 4 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Étude

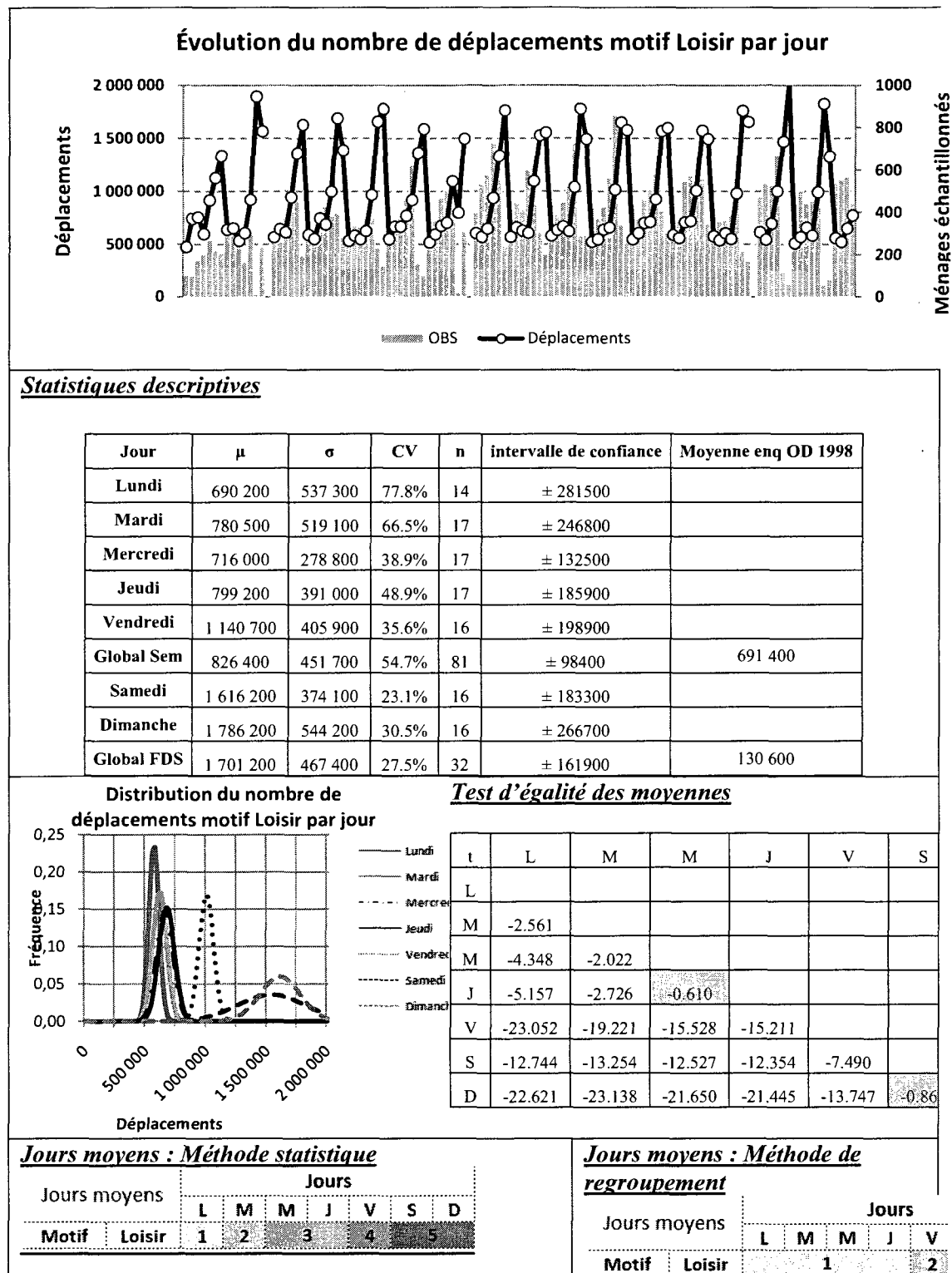


## Annexe 1- 5 : Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Magasinage

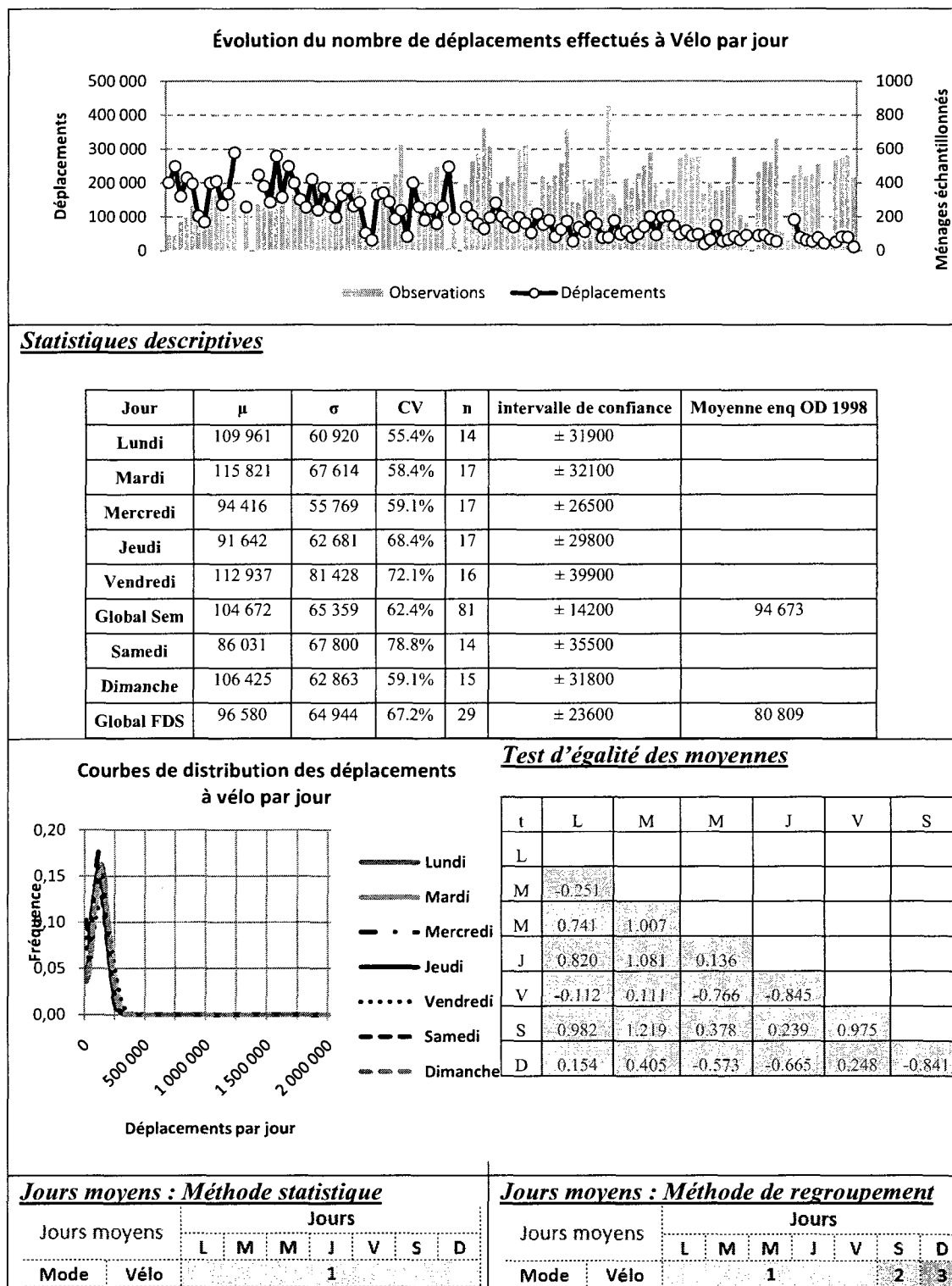




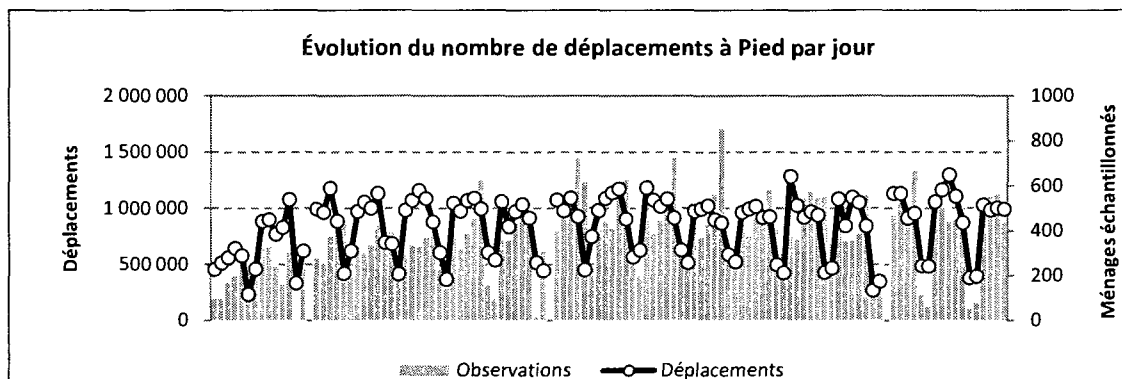
## Annexe 1- 6: Tableau synthèse du nombre de déplacements motif Loisir



### Annexe 1- 7: Tableau synthèse du nombre de déplacements à vélo



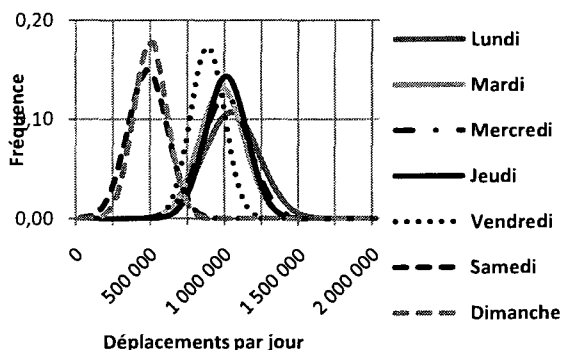
### Annexe 1- 8: Tableau synthèse du nombre de déplacements à pied



#### Statistiques descriptives

Jour	$\mu$	$\sigma$	CV	n	intervalle de confiance	Moyenne enq OD 1998
Lundi	997 320	185 466	18.6%	14	$\pm 97200$	
Mardi	983 970	151 422	15.4%	17	$\pm 72000$	
Mercredi	1 007 869	161 699	16.0%	17	$\pm 76900$	
Jeudi	1 011 950	137 771	13.6%	17	$\pm 65500$	
Vendredi	886 421	114 001	12.9%	16	$\pm 55900$	
Global Sem	977 897	154 345	15.8%	81	$\pm 33600$	998 658
Samedi	481 812	131 837	27.4%	16	$\pm 64600$	
Dimanche	500 876	109 010	21.8%	16	$\pm 53400$	
Global FDS	491 344	119 389	24.3%	32	$\pm 41400$	423 045

#### Courbes de distribution des déplacements effectués à pied par jour



#### Test d'égalité des moyennes

t	L	M	M	J	V	S
L						
M	0.221					
M	-0.169	-0.445				
J	-0.252	-0.564	-0.079			
V	2.001	2.080	2.479	2.842		
S	8.859	10.132	10.204	11.280	9.286	
D	9.077	10.459	10.492	11.768	9.777	-0.44

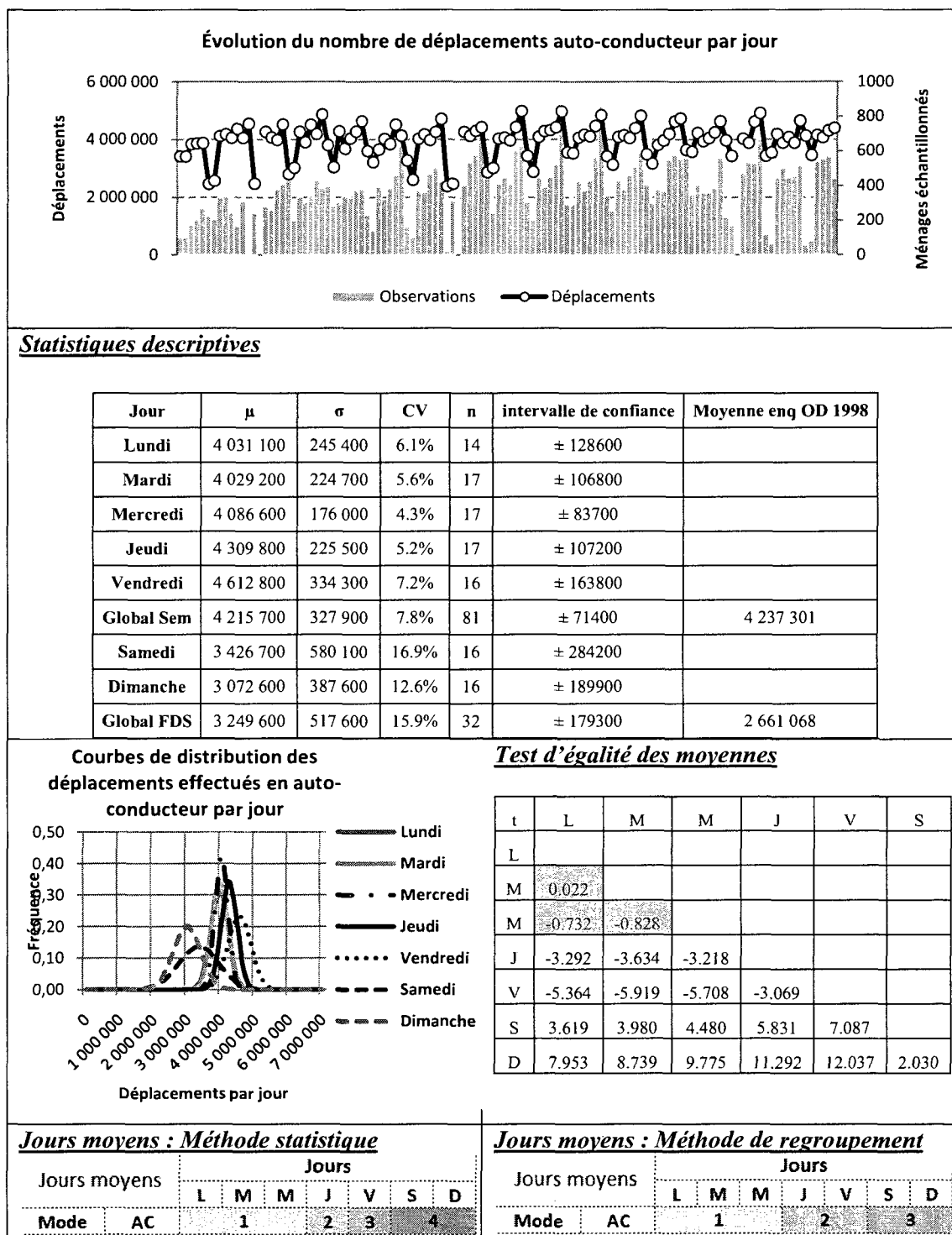
#### Jours moyens : Méthode statistique

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche		1			2	3	

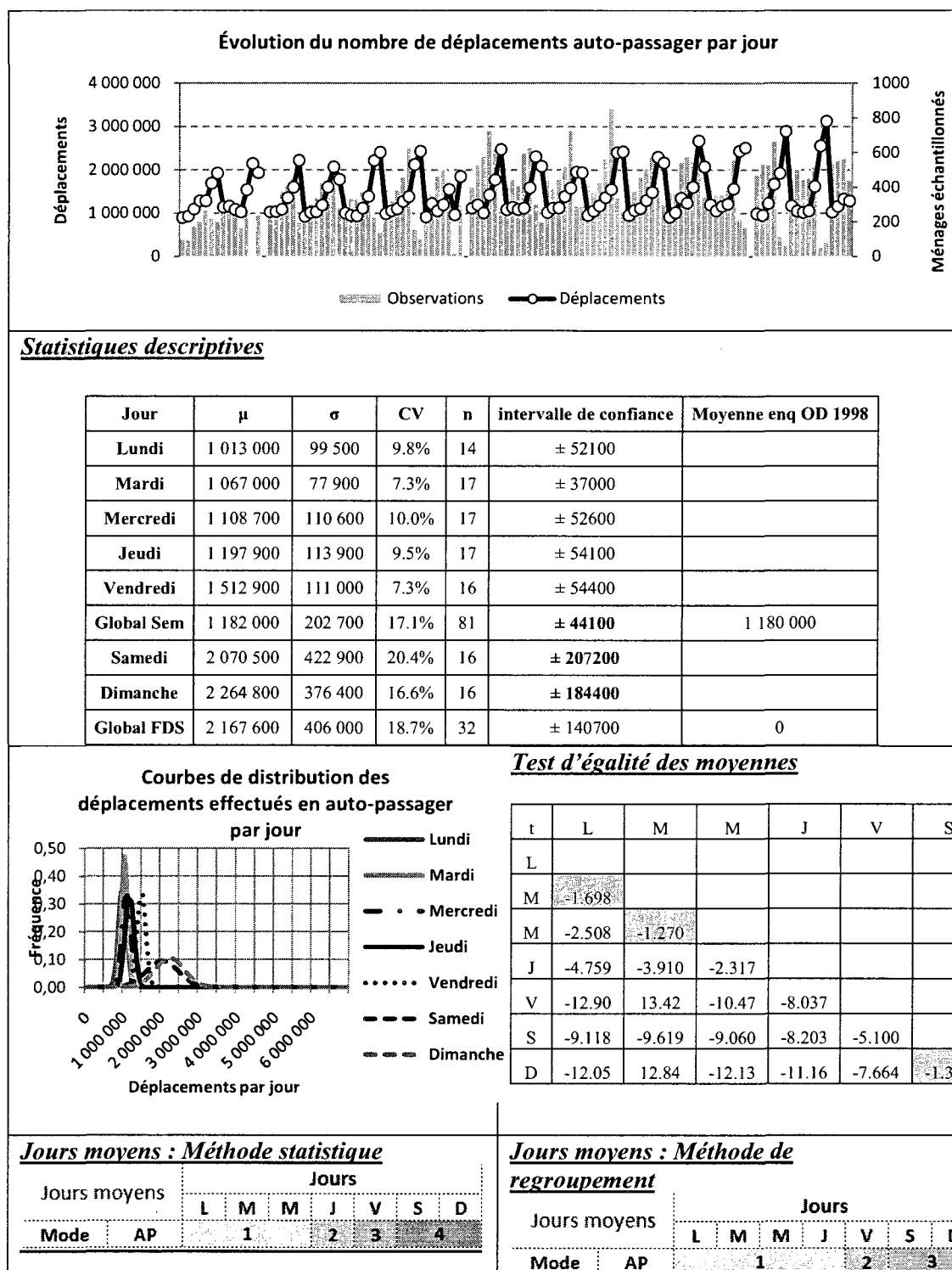
#### Jours moyens : Méthode de regroupement

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	Marche		1			2	3	

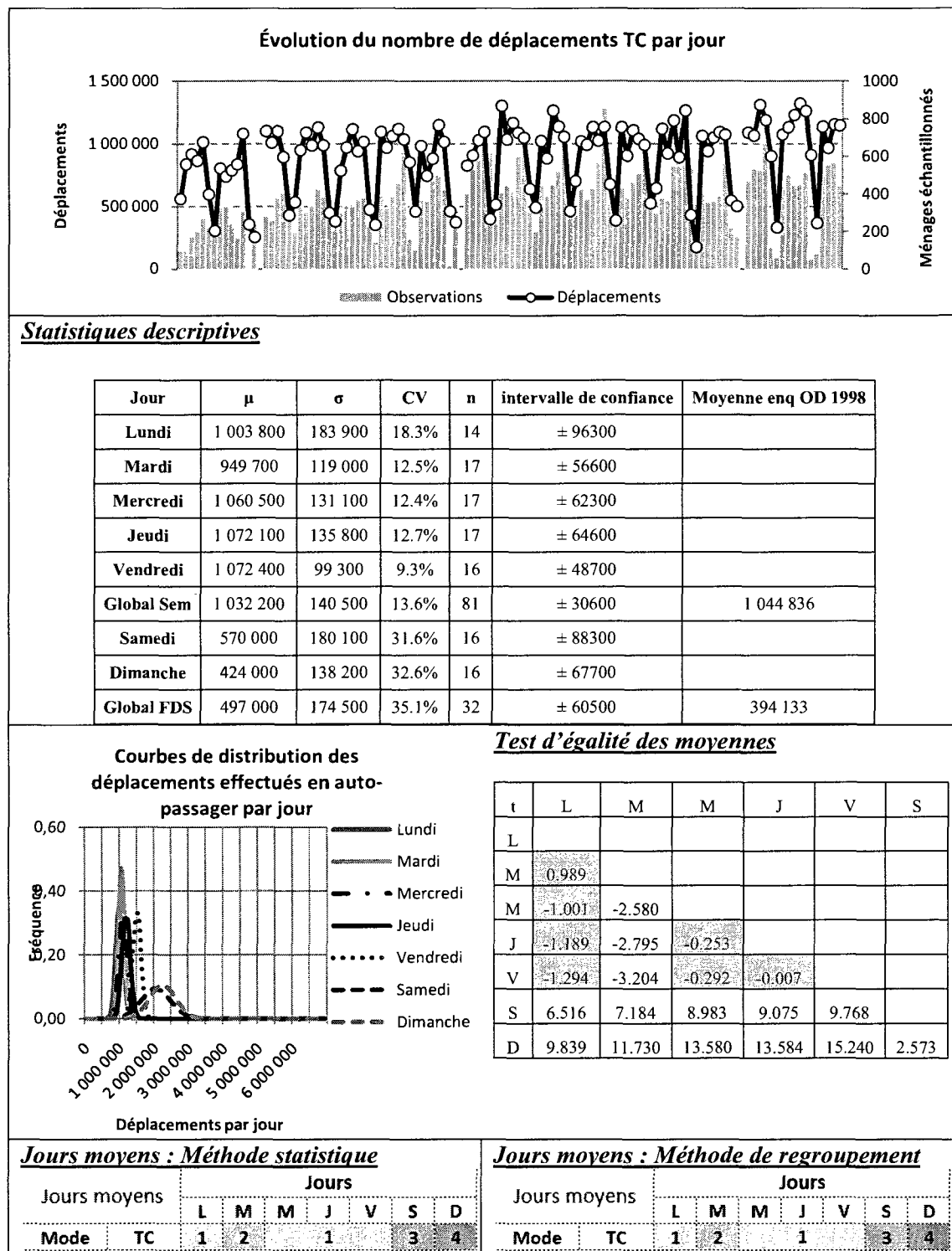
### Annexe 1- 9: Tableau synthèse du nombre de déplacements Auto-conducteur



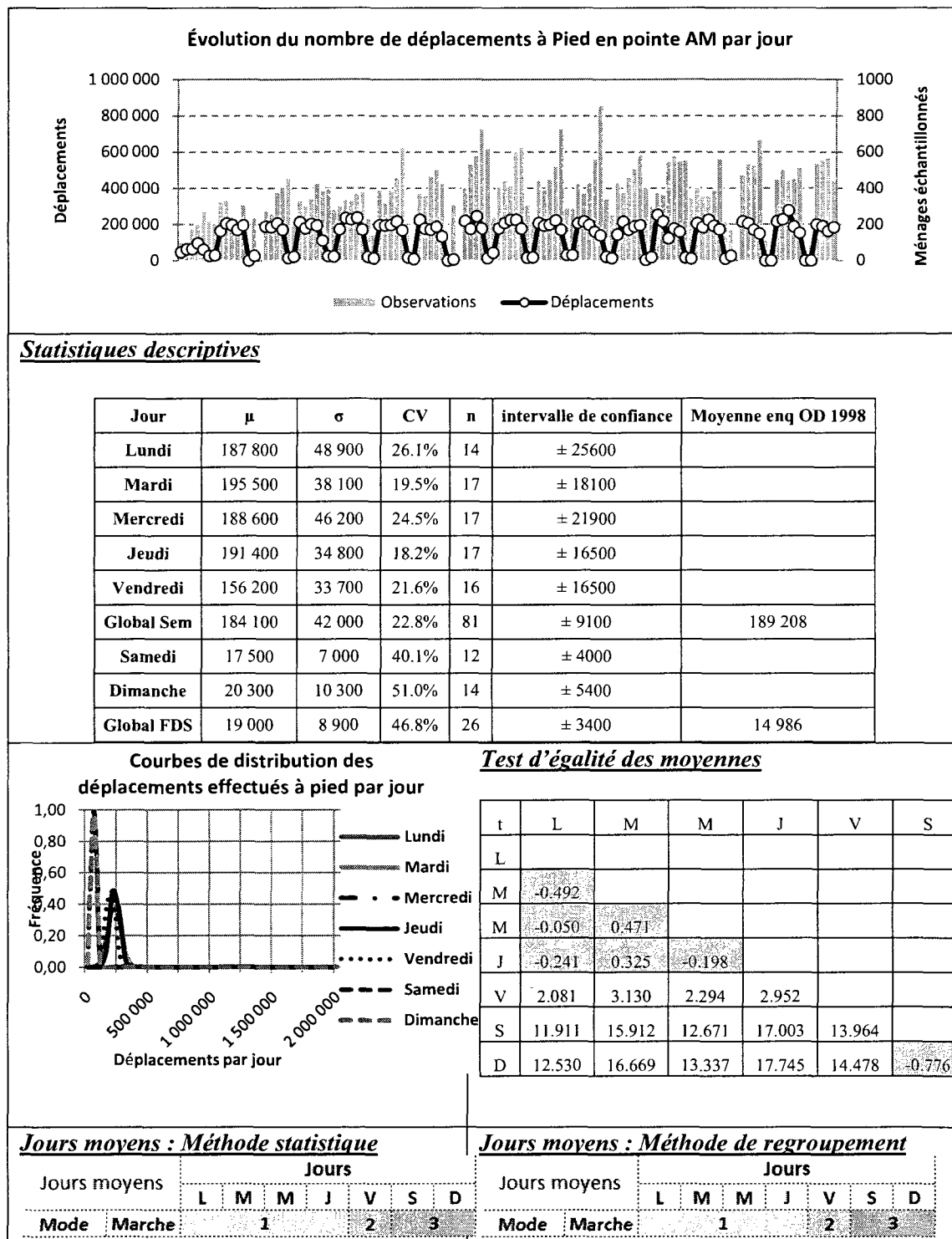
# Annexe 1- 10: Tableau synthèse du nombre de déplacements Auto-passager



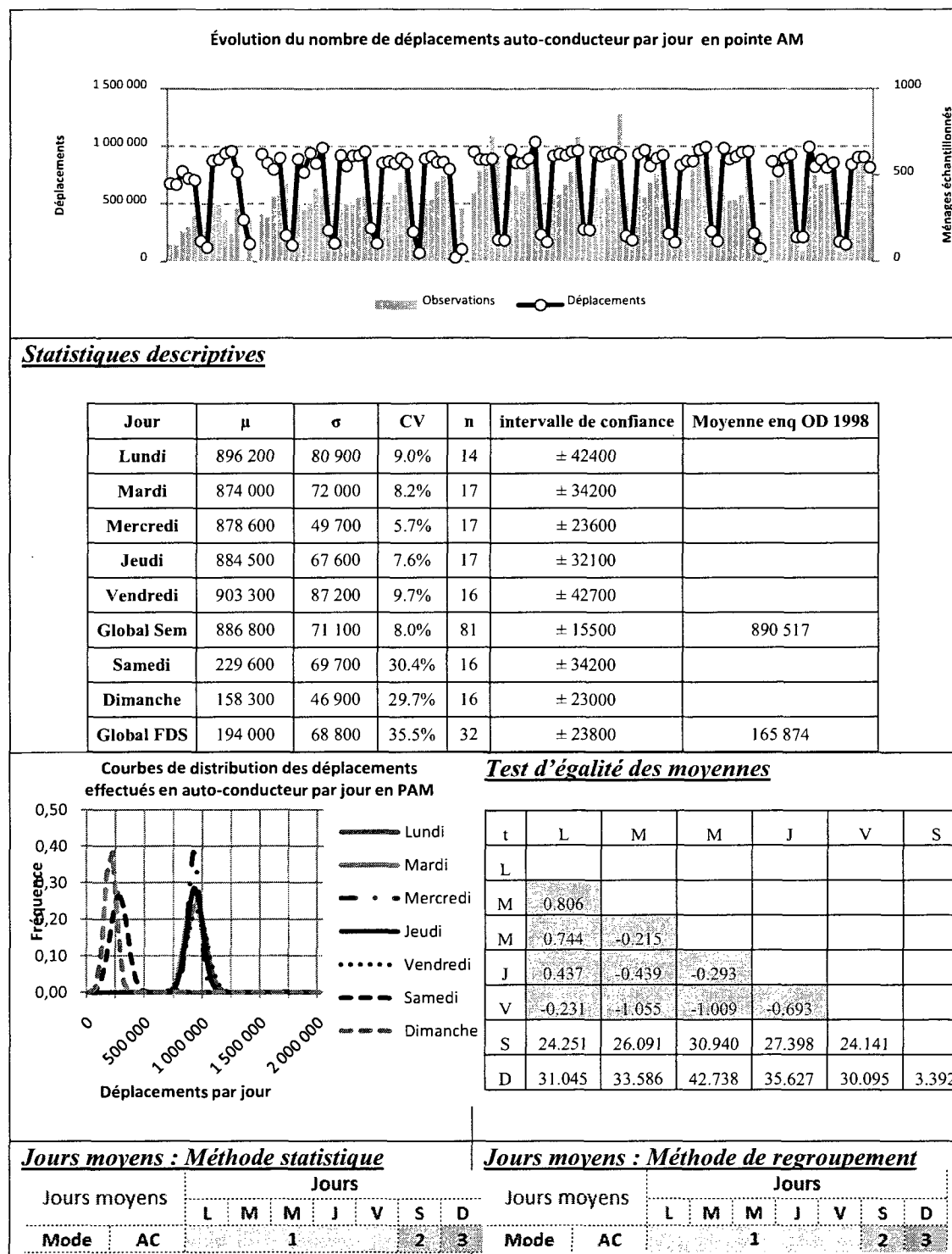
## Annexe 1- 11: Tableau synthèse du nombre de déplacements TC



# Annexe 1- 12: Tableau synthèse du nombre de déplacements à pied (PAM)

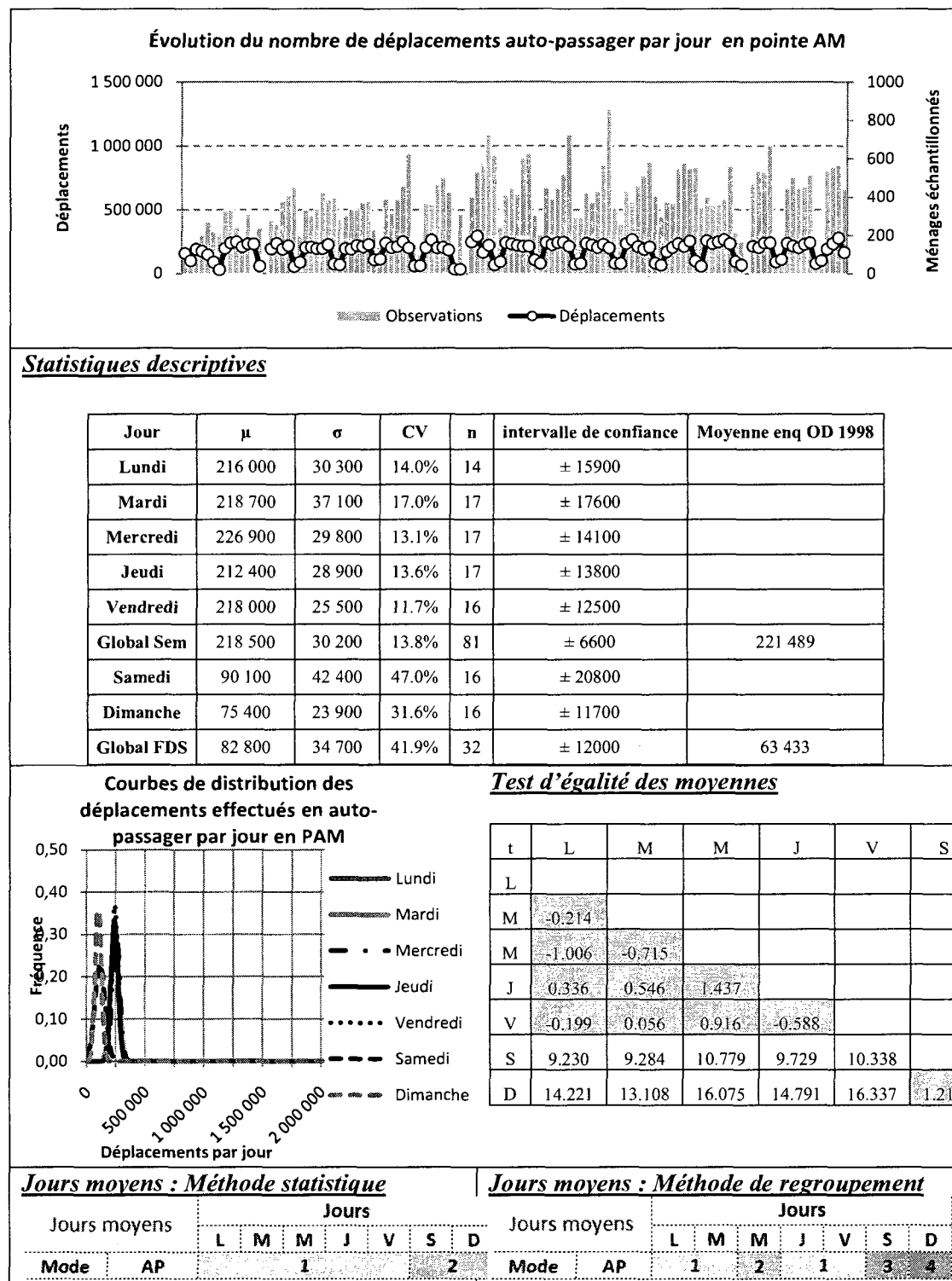


## Annexe 1- 13: Tableau synthèse du nombre de déplacements AC (PAM)

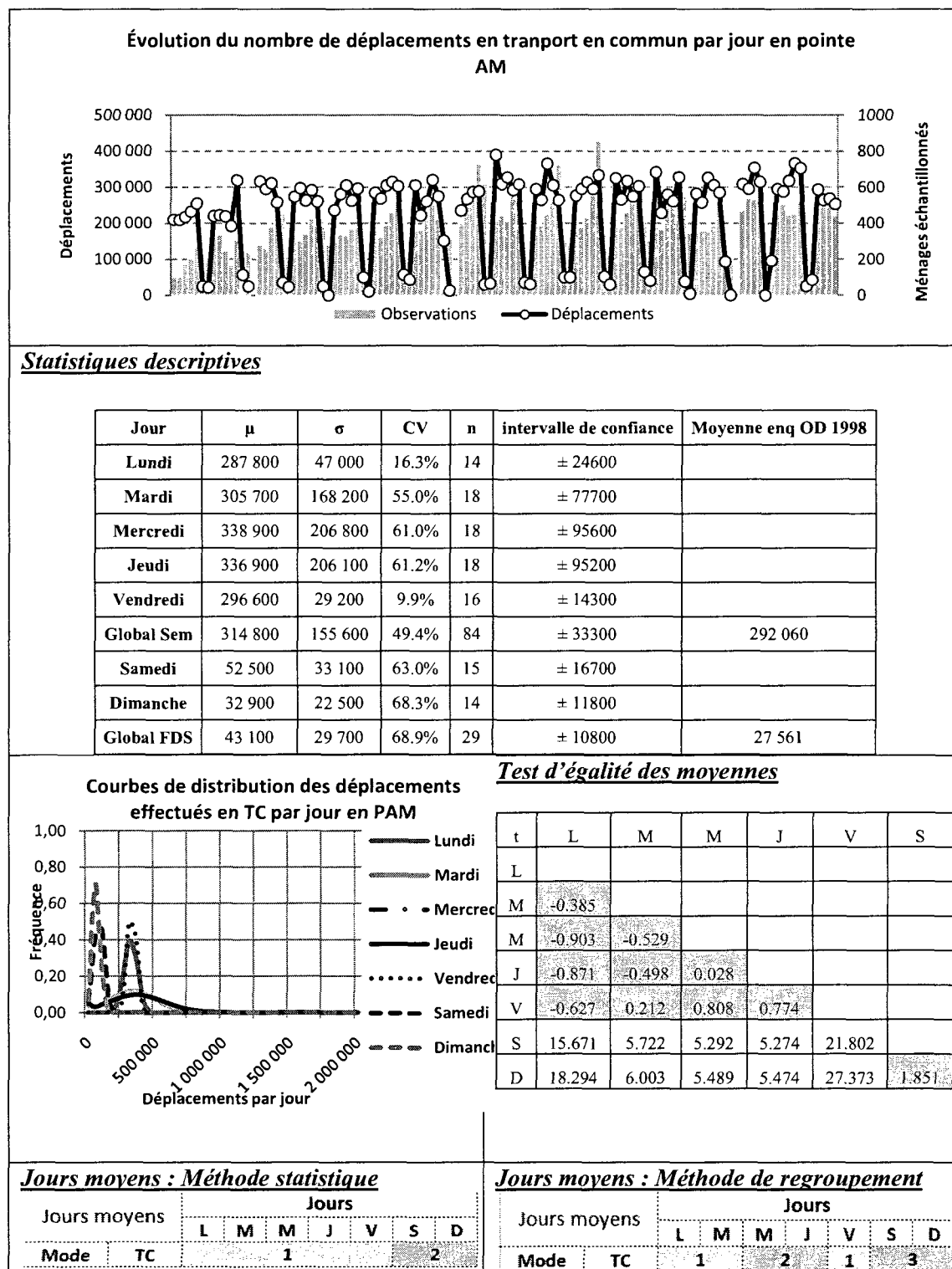




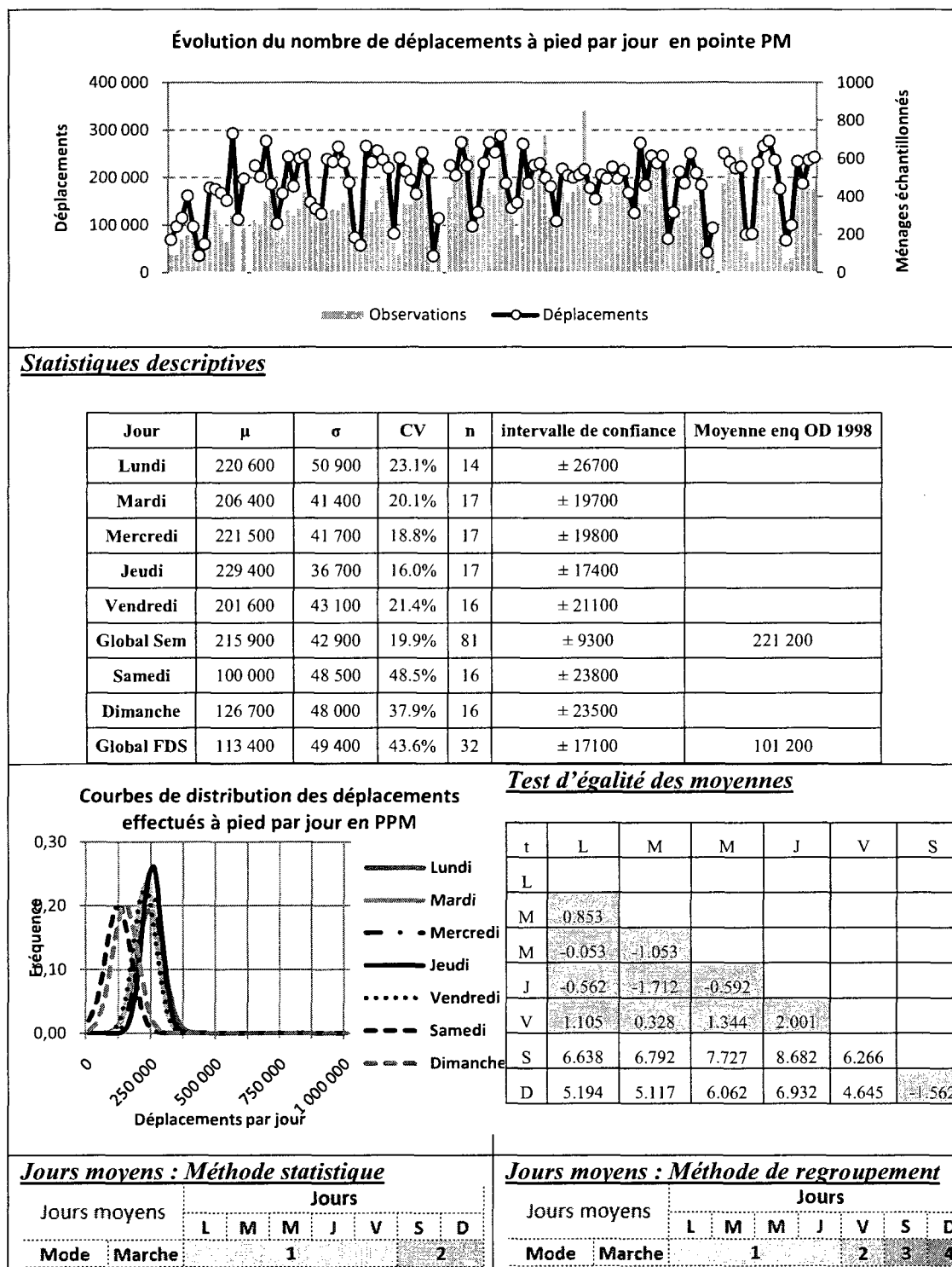
# Annexe 1- 14 : Tableau synthèse du nombre de déplacements AP (PAM)



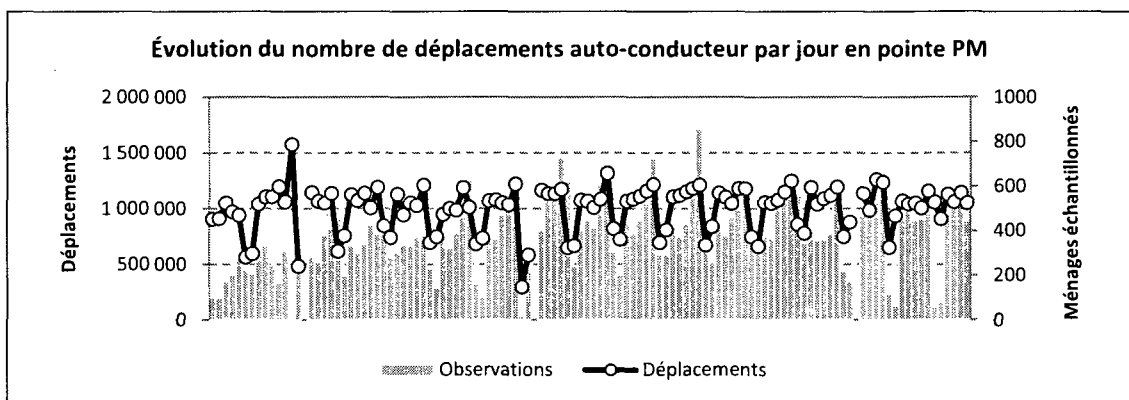
## Annexe 1- 15 : Tableau synthèse du nombre de déplacements TC (PAM)



# Annexe 1- 16: Tableau synthèse du nombre de déplacements Marche (PPM)



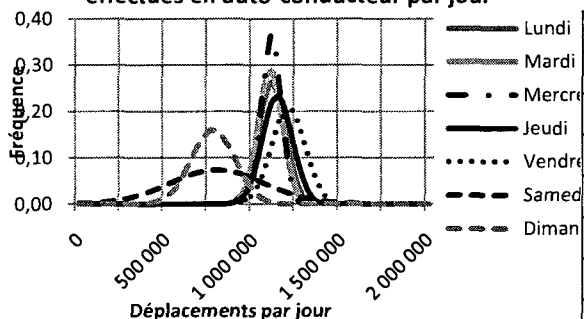
### Annexe 1- 17: Tableau synthèse du nombre de déplacements AC (PPM)



#### Statistiques descriptives

Jour	$\mu$	$\sigma$	CV	n	intervalle de confiance	Moyenne enq OD 1998
Lundi	1 075 200	74 600	6.9%	14	$\pm 39100$	
Mardi	1 065 900	67 100	6.3%	17	$\pm 31900$	
Mercredi	1 073 800	52 300	4.9%	17	$\pm 24900$	
Jeudi	1 106 100	83 900	7.6%	17	$\pm 39900$	
Vendredi	1 169 100	94 100	8.0%	16	$\pm 46100$	
Global Sem	1 098 000	83 000	7.6%	81	$\pm 18100$	1 103 600
Samedi	760 700	270 600	35.6%	16	$\pm 132600$	
Dimanche	740 100	122 600	16.6%	16	$\pm 60100$	
Global FDS	750 400	206 900	27.6%	32	$\pm 71700$	600 200

#### Courbes de distribution des déplacements effectués en auto-conducteur par jour



#### Test d'égalité des moyennes

t	L	M	M	J	V	S
L						
M	0.364					
M	0.063	-0.379				
J	-1.071	-1.540	-1.347			
V	-2.999	-3.645	-3.627	-2.036		
S	4.203	4.510	4.682	5.017	5.703	
D	8.878	9.550	10.278	10.061	11.104	0.27

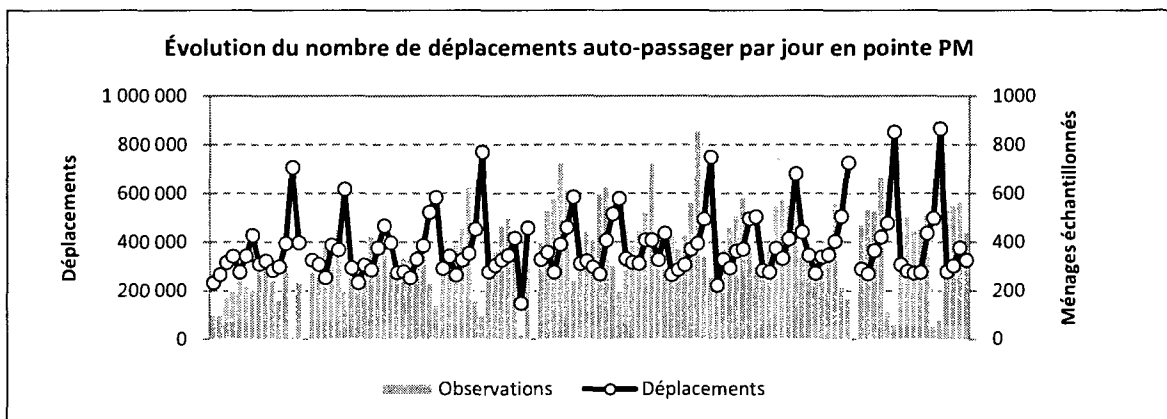
#### Jours moyens : Méthode statistique

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	AC		1			2	3	

#### Jours moyens : Méthode de regroupement

Jours moyens		Jours						
		L	M	M	J	V	S	D
Mode	AC		1			2	3	

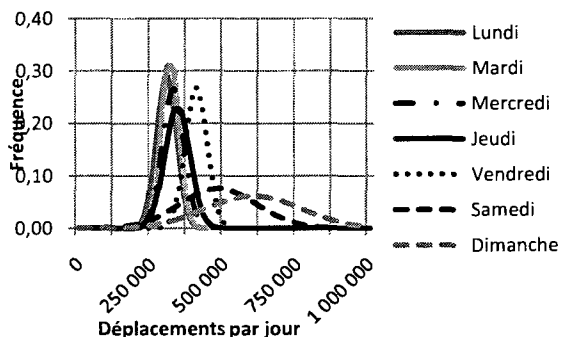
### Annexe 1- 18 : Tableau synthèse du nombre de déplacements AP(PPM)



#### Statistiques descriptives

Jour	$\mu$	$\sigma$	CV	n	intervalle de confiance	Moyenne enq OD 1998
Lundi	288 100	33 600	11.7%	14	$\pm 17600$	
Mardi	298 900	29 200	9.8%	17	$\pm 13900$	
Mercredi	309 700	36 800	11.9%	17	$\pm 17500$	
Jeudi	324 900	42 300	13.0%	17	$\pm 20100$	
Vendredi	390 100	36 400	9.3%	16	$\pm 17800$	
Global Sem	322 800	50 100	15.5%	81	$\pm 10900$	323 600
Samedi	466 800	131 500	28.2%	16	$\pm 64400$	
Dimanche	587 200	161 800	27.5%	16	$\pm 79300$	
Global FDS	527 000	157 400	29.9%	32	$\pm 54500$	423 300

#### Courbes de distribution des déplacements effectués en auto-passager par jour en PPM



#### Test d'égalité des moyennes

t	L	M	M	J	V	S
L						
M	-0.955					
M	-1.691	-0.950				
J	-2.644	-2.092	-1.123			
V	-7.936	-7.963	-6.311	-4.733		
S	-4.937	-5.139	-4.739	-4.228	-2.249	
D	-6.778	-7.232	-6.894	-6.461	-4.755	-2.309

#### Jours moyens : Méthode statistique

Jours moyens	Jours						
	L	M	M	J	V	S	D
Mode	AP	1		2	3	4	5

#### Jours moyens : Méthode de regroupement

Jours moyens	Jours						
	L	M	M	J	V	S	D
Mode	AP	1			2	3	4

## Annexe 1- 19 : Tableau synthèse du nombre de déplacements TC (PPM)

